



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO  
PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN, ESTUDIOS NACIONALES Y  
SERVICIOS AMBIENTALES



**ESPECIALIDAD EN MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN AL  
CAMBIO CLIMÁTICO APLICADO A LA INFRAESTRUCTURA VIAL**

Título:

**Propuesta de Adaptación y Mitigación ante los  
Efectos del Cambio**

**En el Punto Crítico “El Guayabo” del Proyecto Vial Camino  
Granada–Malacatoya**

**Proyecto de Graduación para optar al Título de Especialista en Mitigación y  
Adaptación al Cambio Climático aplicado a la Infraestructura Vial.**

Autores:

**ING. JOSÉ CARLOS CONRADO LOGO  
ING. ARMANDO JOSÉ MORALES HUEMBÉS  
ARQ. MANUEL DE JESÚS CAMPOS ALVARADO**

Tutor:

**DRA. JULIANA JIMÉNEZ PADILLA**

Asesor:

**MSC. BENJAMÍN ANTONIO ROSALES RIVERA**

25 de Enero del 2018  
Managua, Nicaragua

## DEDICATORIA

El presente documento está dedicado primeramente a Dios creador de todas las cosas, quien nos a guía en todo momento a terminar nuestra tesis, que nos da la sabiduría e Inteligencia, la fortaleza para salir adelante, para vencer los retos en nuestras vidas.

De igual forma, hemos dedicado esta Especialidad a nuestros padres por ser el sustento y base de nuestras vidas, que con su amor y apoyo incondicional, nos dan la fortaleza para salir adelante y nos han encaminado hacer unas personas de bien y superar las dificultades que se presenten en nuestras vidas.

A nuestras familias, por ser el fruto de nuestras vidas que en todo momento nos apoyan y nos comprenden cuando no estamos, quienes son base en nuestra formación diaria, son quienes hacen que nos esforcemos a salir a delante y enfrentar las tareas del día a día.

A cada uno de los docentes que tuvimos en esta especialidad, ya que con su aporte emprendimos juntos un nuevo reto, en el cual se han tomado el arduo trabajo de transmitirnos sus diversos conocimientos y poniéndolos en práctica para que nosotros pudiéramos relacionarlo a nuestra profesión, gracias por su tiempo.

A nuestros compañeros, por apoyarnos cuando se ha requerido y han estado a la par en la lucha del día a día en terminar la especialidad, la cual fue un reto importante para todos.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente queremos agradecer a nuestro Dios por darnos la fortaleza y sabiduría necesaria en todo momento y bendecirnos tanto día a día con su gracia, por estar siempre a nuestro lado durante toda nuestras vidas y sobre todo por habernos dado la bendición de poder concluir una etapa más de preparación académica de manera exitosa en nuestras vidas.

A nuestra familia, por la entrega constante hacia nosotros de su apoyo incondicional, dándonos soporte en nuestra lucha diaria de nuestra formación.

A cada uno de los docentes quienes nos proporcionaron conocimientos a nuestro crecimiento profesional a lo largo de esta etapa de estudio, haciendo de nosotros mejores profesionales y logrando tener mejor comprensión del tema de la especialización.

De igual forma queremos agradecer a nuestro Tutor: Dra. Juliana Jiménez, Asesor metodológico, M.SC. Benjamín Rosales Rivera, quienes con sus observaciones, consejos, conocimientos sobre el tema y principalmente por el tiempo dedicado en la revisión de nuestro trabajo nos ayudaron a concluirlo.

A todos y cada uno de los que hicieron posible poder llevar a cabo esta especialidad, principalmente al Ministerio de Transporte e Infraestructura por medio del Gobierno de la Republica de Nicaragua, que el día de hoy estamos finalizando.

## Índice General:

<b>DEDICATORIA</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE MAPAS</b>	<b>1</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>3</b>
<b>CAPÍTULO 1: ASPECTOS GENERALES</b>	<b>4</b>
1.1. Introducción.....	4
1.2. Objetivos.....	5
1.2.1. <i>Objetivo General</i>	5
1.2.2. <i>Objetivos Específicos</i>	5
1.3. Marco Teórico.....	5
1.3.1. <i>Efectos del Cambio Climático</i>	7
1.3.2. <i>Impactos del Cambio Climático a la infraestructura vial</i>	8
1.3.3. <i>La mitigación a los efectos del Cambio Climático</i>	9
1.3.4. <i>La adaptación a los efectos del Cambio Climático</i>	10
1.4. Diseño Metodológico .....	11
1.4.1. <i>Métodos a aplicarse</i>	11
1.4.2. <i>Cuadro de Certitud Metódica</i>	12
<b>CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO VIAL</b>	<b>15</b>
2.1. Localización.....	15
2.2. Descripción del Proyecto Vial .....	16
2.3. Costo de la Ejecución .....	17
2.4. Evaluación Socioeconómica del Proyecto .....	17
2.5. Análisis del Comportamiento del Tráfico .....	18
2.6. Beneficios del Proyecto .....	19
2.7. Síntesis del Capítulo .....	20
<b>CAPÍTULO 3: LINEA BASE AMBIENTAL</b>	<b>21</b>
2.8. Medio Abiótico.....	21
2.8.1. <i>Suelo</i>	21
2.8.2. <i>Geología</i>	23
2.8.3. <i>Geomorfología</i>	24
2.8.4. <i>Clima</i>	24
2.8.5. <i>Humedal el Guayabo</i>	29
2.8.6. <i>Recursos Hídricos</i>	30
2.9. Medio Biótico.....	36
2.9.1. <i>Flora</i>	36
2.9.2. <i>Fauna</i>	38
2.10. Medio Socioeconómico .....	40
2.10.1. <i>Población</i>	41
2.10.2. <i>Actividades Económicas</i>	42
2.10.3. <i>Educación</i>	46
2.10.4. <i>Salud</i>	47
2.10.5. <i>Agua Potable y Alcantarillado Sanitario</i>	47
2.10.6. <i>Energía eléctrica</i>	48
2.10.7. <i>Red vial y Servicios de Transporte</i>	48
2.10.8. <i>Generación, recolección y tratamiento de desechos sólidos</i>	49
2.10.9. <i>Cementerio</i>	49
2.10.10. <i>Mercado</i>	49

2.10.11. Rastro Municipal .....	49
2.11. Síntesis del Capítulo .....	50
<b>CAPÍTULO 4: EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS DEL PROYECTO .....</b>	<b>52</b>
4.1 Análisis de Amenazas .....	52
4.1.1. Identificación de Amenazas .....	53
4.1.2. Evaluación de Emplazamiento. ....	57
4.2 Análisis de Vulnerabilidad .....	63
4.2.1 Identificación de vulnerabilidad. ....	64
4.2.2 Evaluación de Vulnerabilidad. ....	66
4.3 Análisis de Riesgos.....	69
4.3.1 Balance de Riesgo Promedio. ....	70
4.3.2 Evaluación del riesgo en ejecución y operación de proyecto. ....	71
4.4 Resultados.....	72
4.5 Síntesis del Capítulo .....	78
<b>CAPÍTULO 5: MEDIDAS DE ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL TRAMO CRÍTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO .....</b>	<b>79</b>
5.1. Medidas de Adaptación al Riesgo de Inundación .....	79
5.1.1. Rediseño de la Sección Típica Existente .....	79
5.1.2. Mejoramiento del Sistema de Drenaje .....	82
5.1.3. Implementación de Sistemas de Subdrén .....	82
5.1.4. Implementación de sistemas de zampeados .....	83
5.1.5. Implementación de Canales de Drenaje .....	84
5.1.6. Implementación de cuneta de Reparto de Caudales .....	85
5.1.7. Implementación de Disipadores de Energía .....	86
5.2. Síntesis de las Medidas Propuestas .....	88
5.3. Plano de Ubicación de Medidas .....	90
5.4. Programa de Monitoreo de Medidas .....	92
5.5. Síntesis del Capítulo .....	94
<b>CAPÍTULO 6: ASPECTOS FINALES .....</b>	<b>94</b>
6.1. Conclusiones.....	94
6.2. Recomendaciones.....	95
6.3. Bibliografía .....	96
6.4. Anexos .....	98
Anexo 1: Análisis de riesgo, Norma Española .....	98
Anexo 2: Tabla 26. Análisis de riesgo, Entorno Natural .....	98
Anexo 3: Tabla No. 27 de Análisis de riesgo, Ambiental .....	99
Anexo 4: Tabla No. 28 de Análisis de riesgo, Entorno Humano .....	99
Anexo 5: Tabla No. 29 de Análisis de riesgo, Entorno Ambiental .....	101
Anexo 6: Tabla No. 30 de Análisis de riesgo, Entorno Socio-Economico .....	101

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadros</b>	<b>Pág.</b>
Cuadro No.1.: Cuadro de Certitud Metódica.....	7
Cuadro No.2.: Componentes y variables del histograma de Emplazamiento.....	39
Cuadro No.3.: Histograma de Emplazamiento.....	44
Cuadro No.4.:Resumen de Evaluación de Emplazamiento.....	45
Cuadro No.5.: Componentes y variables de vulnerabilidad.....	45
Cuadro No.6.: Histograma de Vulnerabilidad.....	49
Cuadro No.7.: Resultados de Vulnerabilidad.....	50
Cuadro No.8.: Balance de Riesgo.....	51
CuadroNo.9.: Matriz de identificación de amenazas de puntos Críticos.....	52
Cuadro No.10.: Descripción de Medidas de Adaptación al cambio climático en la fase de operación y mantenimiento.....	57
CuadroNo.11.: Mejoramiento del sistema de drenaje.....	65
CuadroNo.12.: Implementación de sistemas de zameado.....	66
CuadroNo.13.: Implementación de protección de talud en el punto más Crítico.....	67
Cuadro No.14: Medidas de Adaptación por deslizamiento .....	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figuras</b>	<b>Pág.</b>
Figura No.1: Cambios de precipitaciones Climáticas.....	17
Figura No.2.:Flora Existente en el derecho de vía .....	24
Figura No.3.: Porcentaje de empleos según sectores económicos.....	31
Figura No.4.: Identificación de puntos críticos.....	54
Figura No.5.: Área de flujo Inefectivo.....	54
Figura No.6.: Regiones Climáticas de Nicaragua.....	76
Figura No.7.: Precipitaciones Acumuladas (2010-2039).....	77
Figura No.8.: Variaciones de Temperatura.....	77
Figura No.9.: Mapa de Zonificación Eólica de Nicaragua.....	78

## ÍNDICE DE MAPAS

<b>Mapas</b>	<b>Pág.</b>
Mapa No.1.: Macro localización.....	9
Mapa No.2.: Micro localización.....	10
Mapa No.3.: Área de Influencia Directa .....	14
Mapa No.4.: Área de Influencia Indirecta.....	15
Mapa No.5.: Tipos de suelos de Nicaragua.....	19
Mapa No.6.: Red Hídrica El Gigante-El Murciélago.....	20
Mapa No.7.: Geología del Tramo Empalme El Gigante-El Murciélago.....	21
Mapa No.8.: Geomorfología del Tramo Empalme El Gigante-El Murciélago.....	22
Mapa No.9.: Síntesis de Línea Base Ambiental .....	34
Mapa No.10.: Puntos Críticos.....	55
Mapa No.11.: Obras de Mitigación en puntos Críticos.....	69

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tablas</b>	<b>Pág.</b>
Tabla No.1.: Costos del proyecto.....	11
Tabla No.2: Listado de la Flora existente en el derecho de la vía del tramo.....	24

Tabla No.3.: Especies de aves y mamíferos de la zona de proyecto.....	25
Tabla No.4.: Distribución de población por sexo.....	26
Tabla No.5.: Comunidades donde estarán emplazado el proyecto.....	26
Tabla No.6.: Población beneficiado por el proyecto.....	27
Tabla No.7.: Población por Comunidad y sexo.....	27
Tabla No.8.: Viviendas por área.....	28
Tabla No.9.: Vivienda y calidad de la infraestructura.....	29
Tabla No.10.: Viviendas por comunidad, estado y nivel de ocupación.....	29
Tabla No.11.: Viviendas en el borde del tramo y por comunidad.....	30
Tabla No.12.: Comunidades al borde Inmediato .....	30
Tabla No.13.: Distribución de los empleos en el municipio de Tola.....	33
TablaNo.14.: Población en edad de trabajar por sexo.....	33
Tabla No.15.: Amenazas probables en el proyecto .....	38
Tabla No.16.: Componentes para la evaluación de Emplazamiento.....	40
Tabla No.17.: Componentes de la Vulnerabilidad del proyecto.....	48
Tabla No.18.: Medidas de mitigación y Adaptación que se pueden implementar en diferentes sectores de análisis.....	57

## RESUMEN

El presente documento contiene la **Propuesta de Adaptación y Mitigación ante los Efectos del Cambio Climático en el Punto Crítico “El Guayabo” del Proyecto Vial Camino Granada–Malacatoya** con una **longitud de 10.00 km**, el cual se desarrolla con el fin de promover la planificación preventiva mediante la adaptación de la infraestructura vial ante el cambio climático, introduciendo los conceptos de vulnerabilidad y riesgo en el desarrollo estratégico del proyecto.

El estado del arte de la adaptación al cambio climático se basa en investigación bibliográfica, la cual sintetiza los efectos negativos que los fenómenos climáticos tienen sobre la infraestructura del transporte y sus operaciones, para identificar las vulnerabilidades y oportunidades de adaptación e incrementar su resiliencia ante futuras consecuencias.

Por lo que se diseñó y se ejecutó de conformidad a las Políticas Operacionales, Salvaguardas Ambientales y Sociales del Banco Mundial, según el análisis se estima que los posibles impactos pueden ser localizados y pueden revertirse aplicando medidas de mitigación, por tal manera el presente estudio inició con la descripción de la situación del proyecto y el establecimiento de la importancia estratégica que tiene en el territorio como corredor comercial.

Dando continuidad a lo anterior, en este documento se diagnosticó el estado actual de los componentes ambientales del área de influencia de este proyecto, lo que sirvió de base para el análisis y determinación de los riesgos locales, en función de los niveles de vulnerabilidad a las diferentes amenazas existentes asociadas al Cambio Climático e identificando los puntos críticos que presentará la carretera en su etapa de servicio, debido a que el proyecto se encuentra emplazado en un área con amenazas latentes ante fenómenos de origen natural como inundaciones, deslizamientos, vulcanismo y sismicidad.

Por lo tanto el análisis y evaluación realizada refleja que el riesgo a inundaciones es lo que se espera que incremente en los puntos críticos del proyecto como consecuencia de los efectos del cambio climático. Todo este proceso permitió un mejor entendimiento y manejo de las amenazas de origen natural, contribuyendo a la planificación de estrategias integrales, orientadas a la creación y fortalecimiento de capacidades de gestión del riesgo, como de las medidas de prevención, control y mitigación propuestas integradas en el presente estudio, el mismo que deberá ser revisado y actualizado por la empresa que vaya a ejecutar el proyecto. El seguimiento y monitoreo de lo propuesto estará a cargo de la UGA/MTI en coordinación con la Delegación Territorial de MARENA y la UGA de la Alcaldía Municipal.



## **CAPÍTULO 1: ASPECTOS GENERALES**

### **1.1. Introducción**

En las últimas décadas, los cambios en el clima han causado impactos en los sistemas naturales y humanos. El aumento de la frecuencia e intensidad de los fenómenos climáticos ha generado una preocupación internacional para adaptarse y con ello reducir la severidad de los impactos del cambio climático.

Esta problemática se ha generalizado a todos los niveles, tanto en el ámbito global como local. Los cambios en los patrones culturales y socioeconómicos, el crecimiento demográfico, su concentración urbana, el desarrollo industrial y la carencia de acciones específicas para la protección del ambiente que generen un desarrollo equilibrado, trajeron como consecuencia el aumento de los problemas como la erosión, la deforestación, la contaminación del agua, la contaminación por residuos sólidos y peligrosos, contaminación del aire y la pérdida de la biodiversidad; situaciones que preocupan a diversos sectores de la sociedad.

Para mitigar estos efectos adversos sobre los sistemas y los ecosistemas es importante adaptarse a. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) reconoce la necesidad de adaptarse a los impactos previsibles de la variabilidad y el cambio climático.

En el caso de Nicaragua, el fenómeno del Cambio Climático es un problema muy serio y uno de los principales retos es la adaptación, por lo que surge la necesidad de redoblar esfuerzos en cambios de actitudes de todos los nicaragüenses.

Nicaragua es un país en vías de desarrollo que pretende impulsar la economía a través de su red vial asegurando que en el territorio nacional todas las personas tengan acceso a oportunidades y servicios. Sin embargo, la infraestructura vial es particularmente vulnerable frente a los efectos del Cambio Climático. El incremento de las temperaturas, el aumento de las precipitaciones y de las inundaciones llevarán al límite al sistema vial.

De manera específica, el departamento de Granada cuenta con carreteras estratégicas para el desarrollo nacional, como es el corredor entre los municipios de Granada y Malacatoya que por encontrarse cerca del lago Cocibolca y el volcán Mombacho, la presencia del humedal El Guayabo, y las características topográficas de la zona, obliga a emplear sistemas de construcción ecoamigables y medidas de adaptación ante los efectos del Cambio Climático, con el propósito de brindar un mejor nivel de servicio de la carretera frente cualquier fenómeno inesperado del clima, manteniendo la vida útil para para la cual se diseñó, y de esta manera salvaguardar la vida de los usuarios de la vía, los poblados de sus alrededores y los ecosistemas del su área de influencia.

De acuerdo a lo anterior, el presente trabajo aborda la temática de adaptación y mitigación ante los efectos del Cambio Climático en el punto crítico el Guayabo del proyecto de adoquinado en el tramo Granada – Malacatoya.

En el presente trabajo se abordó de la siguiente manera: en el capítulo N° 1 los aspectos generales, en el N°2 se realizó la descripción del proyecto, el capítulo N°3 la caracterización de la línea base ambiental, como capítulo N°5 punto crítico y vulnerable a los efectos del cambio climático que presenta el proyecto vial y como último capítulo N°6 el plan de medidas de mitigación y adaptación ante los efectos climáticos con su respectivo programa de monitoreo.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo General**

**Realizar una propuesta de Adaptación y Mitigación ante los Efectos del Cambio Climático en el punto crítico el “Guayabo” del proyecto vial “Camino Granada – Malacatoya”.**

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Describir el proyecto vial “Camino Granada – Malacatoya”.
- Realizar la caracterización de la línea base ambiental del proyecto vial.
- Analizar los riesgos (amenaza y vulnerabilidad) al ambiente ante los efectos del Cambio Climático en el punto más crítico del proyecto de adoquinado, tramo Granada – Malacatoya.
- Proponer un plan de medidas de mitigación y adaptación ante los efectos del Cambio Climático con su respectivo programa de monitoreo.

## **1.3. Marco Teórico**

En este acápite se establecen los principales conceptos relacionados con el estudio del cambio climático ya que el trabajo se enfoca en los factores climáticos que afectan no sólo el proyecto vial sino que también a todo el planeta.

Estos conceptos darán la pauta para comprender los capítulos que se abordarán en el trabajo ya que están relacionados con el cambio climático, los efectos que causa, el impacto del cambio climático en los proyectos viales y las medidas de adaptación y mitigación que es la centralización del proyecto a realizar.

El cambio climático es el factor medioambiental que más preocupa, en la actualidad, a la sociedad y a los responsables de estas políticas. La tendencia de este factor, entendida como un problema para la humanidad, ha supuesto un estado de alerta a nivel mundial. Prueba de ello es que los acuerdos y resoluciones sobre este tema emanan directamente de Naciones Unidas. (Rodríguez, 2009)

El cambio climático es definido como un cambio estable y durable en la distribución de los patrones de clima en periodos de tiempo que van desde décadas hasta millones de años. Pudiera ser un cambio en las condiciones climáticas promedio o la distribución de eventos en torno a ese promedio (por ejemplo más o menos eventos climáticos extremos). El cambio climático puede estar limitado a una región específica, como puede abarcar toda la superficie terrestre.

El término, a veces se refiere específicamente al cambio climático causado por la actividad humana, a diferencia de aquellos causados por procesos naturales de la Tierra y el Sistema Solar. En este sentido, especialmente en el contexto de la política ambiental, el término “cambio climático” ha llegado a ser sinónimo de “*calentamiento global antropogénico*”, o sea un aumento de las temperaturas por acción de los humanos. (Cambio Climático Global, s.f.)(Ver gráfico 1)

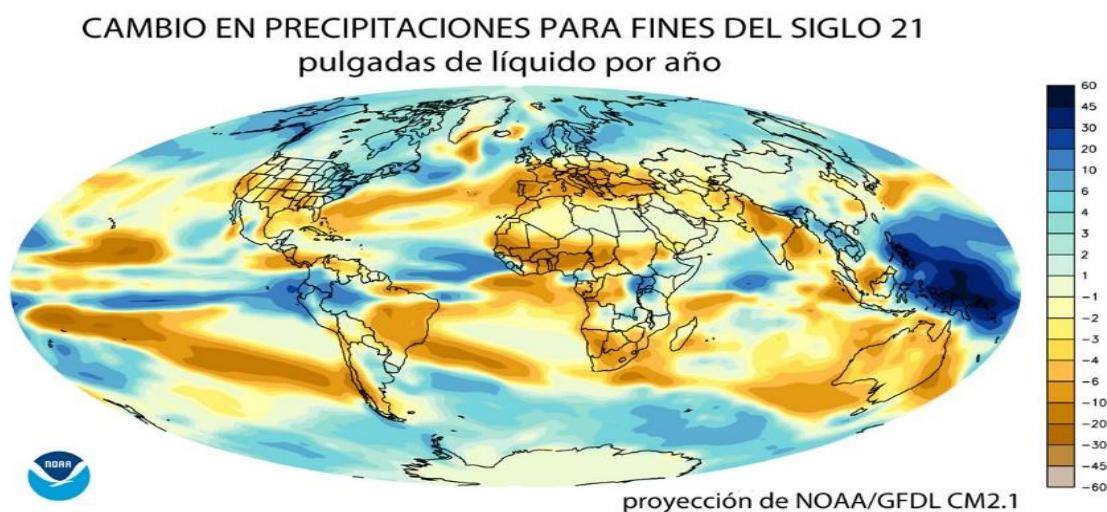


Grafico 1: Cambio estimados en precipitaciones en el mundo para fines del siglo XXI Fuente: Internet.

Se llama cambio climático a la modificación del clima con respecto al historial climático a una escala global o regional. Tales cambios se producen a muy diversas escalas de tiempo y sobre todos los parámetros climáticos: temperatura, precipitaciones y nubosidad, etc.

Un cambio en la emisión de radiaciones solares, en la composición de la atmósfera, en la disposición de los continentes, en las corrientes marinas o en la órbita de la tierra puede modificar la distribución de energía y el equilibrio térmico, alterando así profundamente el clima planetario cuando se trata de procesos de larga duración.

(Milán, 2016).

### **1.3.1. Efectos del Cambio Climático**

Milán afirma que el cambio del clima puede deberse a procesos naturales o internos o debido acciones externas, o a cambios generados por los seres humanos, de forma duradera, en la composición de la atmósfera o en el uso de la tierra, y enfatizó que es muy probable que sea de mayor escala que lo que se cree hoy.<sup>1</sup>

Además, si se acelera la globalización, se acelera el calentamiento global, no sólo por la emisión de gases sino también por el rápido crecimiento de la población, que se estima crecerá 2000 millones en los próximos 20 años, y la destrucción continua de la biosfera, o sea de los mecanismos naturales del planeta para regular el clima, como una consecuencia del desarrollo de la agricultura y el uso de biocombustibles.

Señalaba Milán que las evidencias científicas del cambio climático en el mundo son la disminución de la extensión de la capa de nieve en el Hemisferio Norte, la retirada masiva de los glaciares de las montañas, incremento de la salinidad de las aguas, aumentos de los niveles del mar, sequías más intensas y largas en ciertas áreas, preponderancia de huracanes, en fin aumentos de catástrofes climáticas desde 1970.

Los efectos del cambio climático en Nicaragua enumerados por Milán son la disminución de la producción de granos básicos, la pérdida de la diversidad biológica y del recurso forestal, el desabastecimiento de agua, la degradación de los suelos, las inundaciones en las zonas costera bajas, las inundaciones en asentamientos humanos con deficiente red de drenaje pluvial, el impacto negativo sobre las lagunas cratéricas, deslizamientos de masas de tierra en zonas de mayor pendiente, y el aumento de la temperatura que afecta la salud de las personas, incrementa los vectores que propagan enfermedades, aumenta la erosión y la pérdida de suelos e incrementa el consumo de energía y el riesgo de incendios. También es muy probable que aumente el nivel del mar, especialmente en

---

<sup>1</sup> Definición de Cambio Climático, El Cambio Climático en Nicaragua, Doctor José Antonio Milán Pérez

la Costa Caribe, pero no hay que obviar que el cambio climático puede beneficiar el clima de algunas zonas.

### ***1.3.2. Impactos del Cambio Climático a la infraestructura vial***

Existe evidencia que el clima extremo afecta la infraestructura carretera y el nivel de servicio que ofrece a sus usuarios, ya que las variaciones del clima y sus condiciones extremas se presentan más frecuentemente debido al cambio climático.

También existe evidencia que el diseño de las carreteras y su construcción, históricamente ha incluido variables climáticas, pues el clima siempre ha sido un factor que afecta el desempeño de las carreteras, sin embargo, los desafíos de un clima cambiante está forzando a mover los umbrales actuales de diseño e incluso generar nuevos métodos para construir infraestructura carretera resiliente.

En los últimos años se han realizado varios trabajos en relación a la identificación de los impactos potenciales del cambio climático en la infraestructura carretera, es común asociarlos a los principales efectos del calentamiento global.

En general, el transporte puede ser vulnerable a muchos tipos de condiciones climáticas, de las cuales, algunas podrían exacerbarse con el cambio climático. La mayoría de los impactos se deben a condiciones climáticas extremas (por ejemplo, tormentas severas, precipitaciones intensas, temperaturas extremas) que, a su vez, pueden tener graves consecuencias para el medio físico (por ejemplo, inundaciones, deslizamientos, avalanchas, etc.) y representan riesgos para las infraestructuras carreteras y su operación, impactando al transporte.

Para los tomadores de decisiones es importante conocer y evaluar los daños potenciales que estresan los sistemas viales debido al impacto del clima, de esta manera se puede conocer la vulnerabilidad del sistema y los factores inherentes a dicha vulnerabilidad, así como el grado de exposición que tendrá la infraestructura al estar en contacto con las nuevas condiciones climáticas y el riesgo en términos de probabilidad que la infraestructura falle.

Los impactos del cambio climático son variados, y están asociados a diversos fenómenos climáticos que afectan la infraestructura carretera, por lo que se requieren análisis más focalizados en los diversos elementos de la infraestructura, atendiendo a ello el presente artículo se centró únicamente en los pavimentos.

### **1.3.3. La mitigación a los efectos del Cambio Climático**

**Mitigación:** con ella se hace referencia a las políticas, tecnologías y medidas tendientes a limitar y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar los sumideros de los mismos, de acuerdo a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

La mitigación del cambio climático es un conjunto de intervenciones humanas que buscan reducir los Gases de Efecto Invernadero (GEI) o mejorar sus sumideros (IPCC, 2014).

Tradicionalmente se han diseñado estrategias que buscan minimizar los gases de efecto invernadero que inciden en el cambio climático; estas medidas se relacionan especialmente con la mitigación, la cual de acuerdo con el Panel Intergubernamental de Cambio Climático - IPCC se define como la “intervención antropogénica para reducir las fuentes o mejorar los sumideros de gases de efecto invernadero”.<sup>2</sup>

En consecuencia, se promueven acciones que incentivan la eco eficiencia energética, el empleo de vehículos de energía eléctrica u otros eco combustibles, la transformación de procesos productivos, la producción más limpia, en la construcción y la industria y se emplean programas para reducir al mínimo las basuras y promover el reciclaje, etc.

Pero es necesario hacer énfasis en que este plan trabajará la mitigación enfocada hacia la adaptación en donde la reducción de emisiones de GEI debe generar beneficios claros en términos del fortalecimiento de la población y los ecosistemas y de las interacciones que determinan la capacidad de resistencia-resiliencia del territorio (ver gráfico 2)

---

<sup>2</sup> Informe de Síntesis del IPCC. Tercer Informe de Evaluación, 2007. Se publicó en Accra (Ghana) en marzo de 2001 y representa el primer consenso científico global.

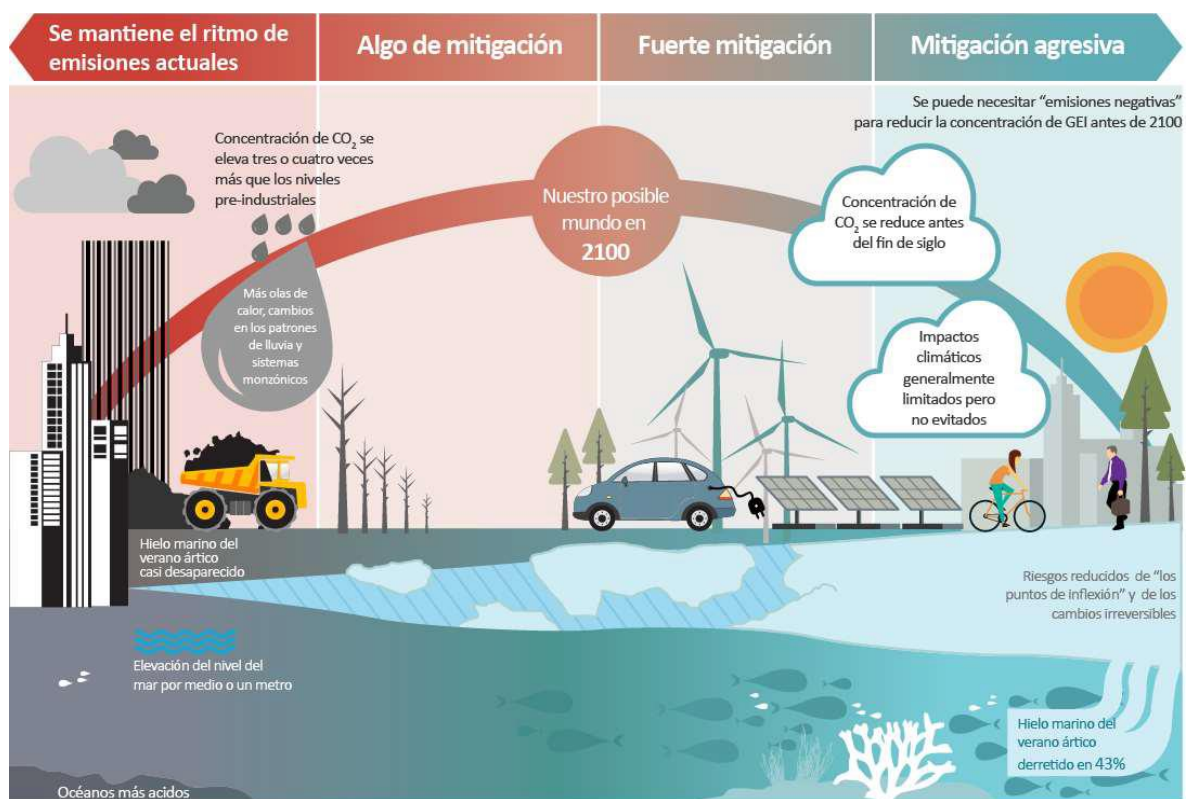


Grafico 2 definición de mitigación. Fuente: Internet.

El Ministerio de Transportes e Infraestructuras con el apoyo de diversas instituciones financieras (BID, el Banco Mundial y el Fondo Nórdico para el Desarrollo) está implementado un conjunto de medidas para reducir la vulnerabilidad de la red de carreteras ante el cambio climático. Este es otro hito en el intento del MTI de integrar la adaptación al cambio climático desde la planificación.

La Mitigación tiene efectos a escala internacional, ya que los beneficios son globales, aunque también tiene efectos locales, porque un desarrollo bajo en carbono aumenta la competitividad. También la mitigación tiene un efecto a largo plazo sobre el cambio climático, debido a que el clima no cambia inmediatamente después de reducir las emisiones y por lo general es prioritaria en los sectores de energía, transporte, industria y gestión de residuos.

#### 1.3.4. La adaptación a los efectos del Cambio Climático

La Adaptación tiene efectos a escala local, ya que los beneficios se observan a nivel de país, regiones, municipios y comunidades, también, por lo general tiene efecto a corto plazo, porque reduce la vulnerabilidad y es una prioridad en los sectores de agua, salud, en áreas costeras y bajas, así como en infraestructura y vivienda. Mientras que la agricultura tiene prioridades tanto para mitigación, como para la adaptación.

**La adaptación** al cambio climático es definida como las iniciativas y medidas encaminadas a reducir la vulnerabilidad de la sociedad y la susceptibilidad de los sistemas naturales, ante los efectos reales o esperados del cambio climático.

El especialista del INETER, José Milán, considera que la adaptación es la principal acción que el gobierno debe realizar para enfrentar los efectos de la variabilidad climática.

Milán destacó que el cambio climático es un fenómeno irreversible e inequívoco, ante lo cual la principal acción a tomar es el proceso de adaptación.

En la infraestructura vial construida se reducirá la vulnerabilidad al cambio climático mediante la corrección de puntos críticos. Se continuará la gestión de recursos financieros para el desarrollo de la red vial bajo una visión de desarrollo para el sector transporte de Nicaragua, propiciando una red de transporte activa, fiable, estable y totalmente integrada, así como su nivel de servicio, que ayude al crecimiento económico sostenible; contribuya a la reducción de la pobreza y la disparidad regional y que a la vez mejore la accesibilidad, la movilidad y la seguridad de la población.

Los pavimentos en el futuro deben considerar cambios en las variables que influyen su diseño, tales como la temperatura y la precipitación, incluir adicionalmente variables como el viento, la presión atmosférica, humedad y la evapotranspiración.

#### **1.4. Diseño Metodológico**

##### **1.4.1. *Métodos a aplicarse***

Para poder conseguir los objetivos específicos se efectuó una investigación donde se ejecutará en primer lugar una visita de campo para recopilación de datos del proyecto y el área de influencia de la carretera, posteriormente se realizó el análisis de dichos datos para determinar el punto crítico a evaluar bajo métodos empíricos y especializados. Dentro de los métodos de análisis a emplear tenemos:

El empírico donde se realizaron visita de campo en toda la longitud del tramo en observación, para obtener una visión clara y entrar en contacto con el área de mayor vulnerabilidad, determinando las que tienen mayor riesgo para las personas y los vehículos que transitan el tramo en estudio, con el fin de tener una mayor visión de los desastres por cambio climático.



Entre los métodos especializados que se apliquen:

**Método Analítico:** realizar un análisis matemático y lógico de los datos recopilados en el campo y de los datos que nos brinde el diseño del proyecto.

**Método bibliográfico o investigación documental:** recopilar información de estudios similares al cambio climático, las normativas legislativas nacionales e internacionales, libros con enfoque a la ingeniería aplicados al cambio climático y toda herramienta que nos permita lograr una interpretación correcta de los datos obtenidos.

**Método interpretativo:** se indicó los factores que fomentan la problemática de los desastres por cambio climático y dar respuesta con propuestas concretas y veraces para la solución.

Como procedimientos de obtención de datos se realizó una inspección del tramo, un inventario de los puntos críticos, con el objetivo de determinar las consecuencias que tendrá la construcción de la carretera con el diseño actual a ejecutarse en el tramo en estudio; Se utilizó la herramienta del histograma de emplazamiento y de vulnerabilidad verificando cuales son las debilidades del proyecto; por último la compilación de los datos se efectuará por medio de los formatos obtenidos de la Guía del CEPEDRENAC y la Guía de Gestión de Riesgo para Proyectos de Inversión del Ministerio de Hacienda.

Se trabajarán los datos adquiridos en los estudios de campo, con el fin de evaluar y proponer soluciones y medidas de seguridad que ayuden a mitigar los altos índices de accidentalidad, aplicando procedimientos de la ingeniería geotecnia e hidrología.

#### 1.4.2. Cuadro de Certitud Metódica

Tabla 1. Certitud metódica							
OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECIFICOS	INFORMACIÓN		HERRAMIENTAS / MÉTODOS	INTERPRETACIÓN	RESULTADOS	
		UNIDADES DE ANÁLISIS	VARIABLES			PARCIALES	FINAL
Realizar una propuesta de Adaptación y Mitigación ante los Efectos del Cambio Climático en el área de influencia del	Describir el proyecto vial “Camino Granada – Malacatoya”.	Ubicación	Macro localización Micro localización	Revisión Bibliográfica Levantamiento fotográfico	Mapa de Macro localización Mapa de Micro localización	Descripción del funcionamiento del proyecto vial (Estado actual)	Propuesta de medidas de adaptación y mitigación ante el cambio climático en los puntos críticos del proyecto vial
		TPD	Cantidad de vehículos peatones				
		Mantenimiento	Bacheo señalización				

**Tabla 1. Certitud metódica**

OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECIFICOS	INFORMACIÓN		HERRAMIENTAS / MÉTODOS	INTERPRETACIÓN	RESULTADOS						
		UNIDADES DE ANÁLISIS	VARIABLES			PARCIALES	FINAL					
proyecto vial “Camino Granada – Malacatoya”.	Realizar la Caracterización de la línea base ambiental del proyecto vial.	Área de influencia del punto crítico del proyecto	Área de Influencia directa, Área de influencia indirecta	Derecho de vía, (Decreto 46 ley derecho de vía).  Revisión bibliográfica Levantamiento fotográfico Análisis y síntesis	Mapa de Área de Influencia Total (Área de influencia directa + Área de influencia indirecta).  Diagnósticos de los componentes ambientales.	Estado actual de los componentes ambientales en el área de influencia del proyecto						
		Componentes bióticos	Flora y fauna									
		Componentes abióticos	Clima Calidad de aire Suelo Geología y geomorfología Hidrología									
		Componentes Socioeconómicos.	Población, Educación, Salud, Producción, Transporte, Comercio									
		Analizar los posibles riesgos (amenaza y vulnerabilidad) ambientales ante los efectos del Cambio Climático en el proyecto de adoquinado, tramo Granada – Malacatoya.	Amenazas naturales					Sismicidad, vulcanismo, deslizamientos, huracanes, Inundaciones	Revisión Bibliográfica. Histogramas de emplazamiento, vulnerabilidad y Balance de Riesgo	Determinación del Riesgo Actual	Identificación y valoración de las amenazas y vulnerabilidades en el área de influencia	
			Amenaza, Antropogénicas					Explosiones, Incendios, Sequía				
	Balance de Riesgo		Evaluación de emplazamiento, Evaluación de vulnerabilidad									

**Tabla 1. Certitud metódica**

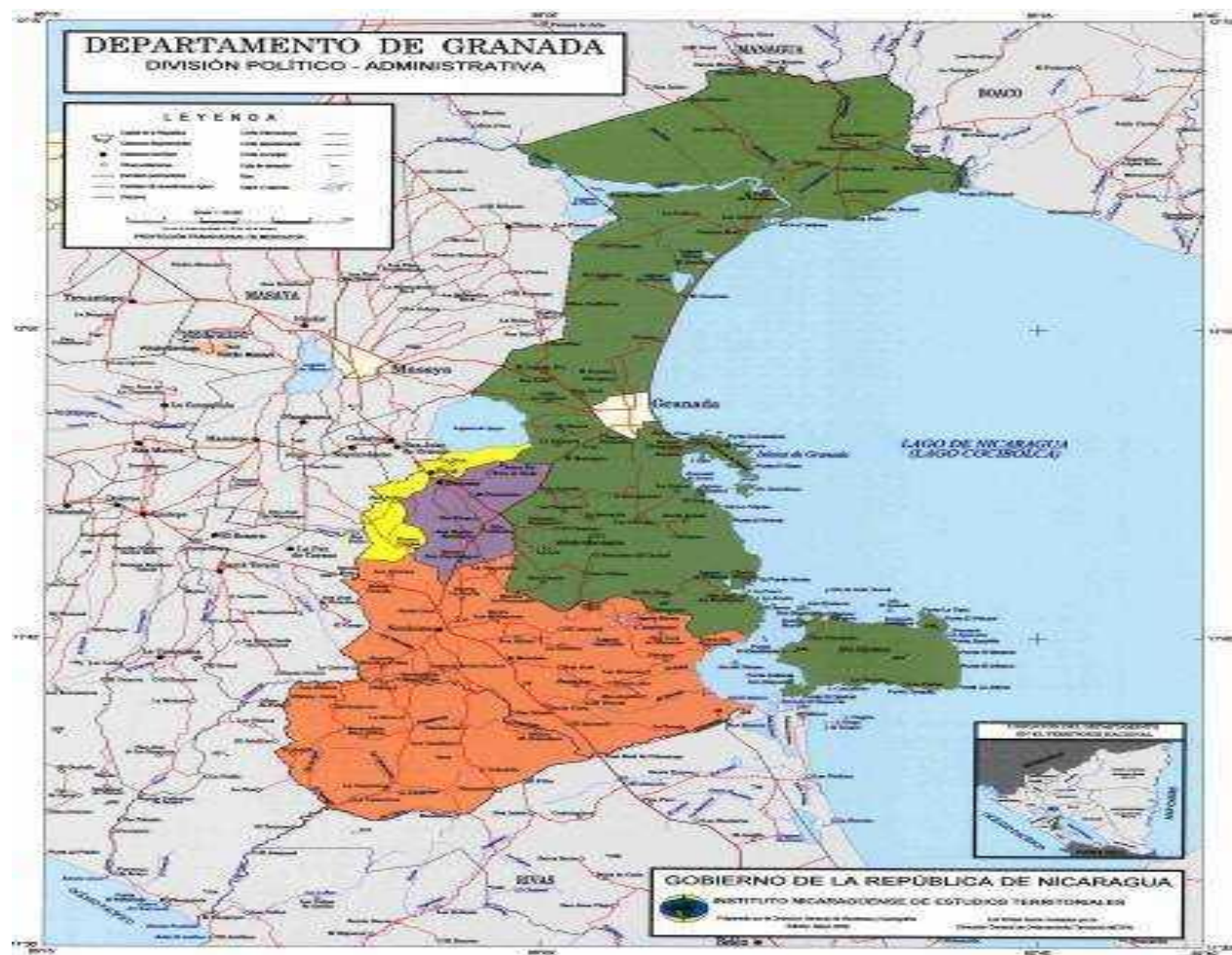
OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECIFICOS	INFORMACIÓN		HERRAMIENTAS / MÉTODOS	INTERPRETACIÓN	RESULTADOS	
		UNIDADES DE ANÁLISIS	VARIABLES			PARCIALES	FINAL
	Determinar el punto más crítico y vulnerable a los efectos del cambio climático que se presenten sobre el tramo de carretera a construir.	Trazado vial  Localización de obras de drenajes	Pavimento, Puentes, Alcantarilla, Cunetas	Inspección In situ (visita de campo).	Diagnósticos de puntos críticos.  Mapa de puntos críticos	Identificación de puntos críticos en el área de influencia.	
		Vulnerabilidad	Grado de Riesgo	Balance de riesgos			
	Proponer un plan de medidas de mitigación y adaptación ante los efectos del Cambio Climático con su respectivo programa de monitoreo.	Puntos críticos Diseño de medidas	Rediseño de Sección Típica. Obras de Protección. Construcción de cunetas, Rectificación de cauces, obras de drenaje.	Cuadros de medidas de mitigación y adaptación y del programa de monitoreo	Documentos y mapas de medidas de mitigación y adaptación.	Medidas de Mitigación y Adaptación.	

## CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO VIAL

### 2.1. Localización

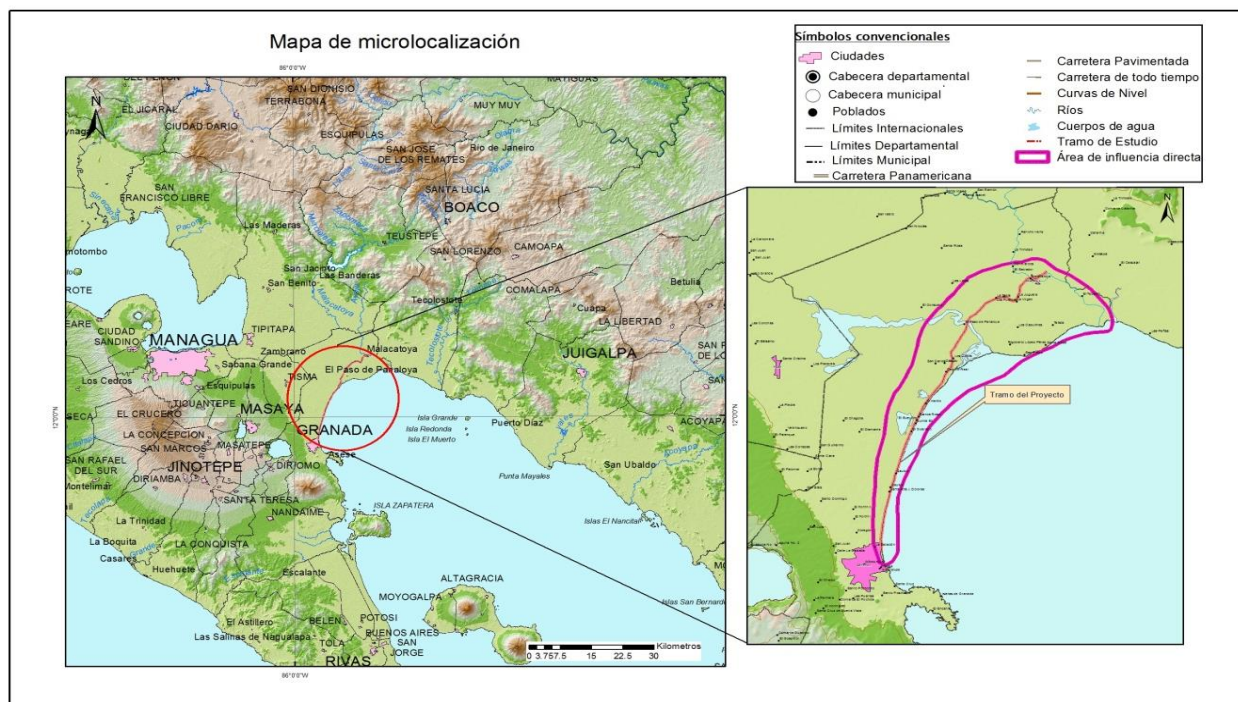
El proyecto **mejoramiento del camino Granada - Malacatoya** con una **longitud de 10.00 km**, se ubica geográficamente en la región del Pacífico de Nicaragua, en el departamento de Granada.

El Proyecto se localiza en el municipio de Granada, Departamento de Granada, tiene su inicio en la Est. 8+000 ruta Granada hacia Paso Panaloya con coordenadas aproximadas de X=0616317 Y=1328250 y finaliza en la Est. 18+000 con coordenadas X= 06200091 Y=1336925 hacia el poblado de Panaloya (Malacatoya). Esta carretera corresponde a la Red Vial Básica, clasificada funcionalmente como colectora principal y pertenece a la NIC-39.



**MAPA 1: MACRO-LOCALIZACIÓN DEL TRAMO GRANADA – MALACATOYA.**  
FUENTE MAPAS TOPOGRÁFICO DE INETER

El proyecto inicia en el sector conocido como Osagay y se estima que finalice en la comunidad de los Cocos, con una longitud de 10 kilómetros. (Ver Mapa No. 3)



**MAPA 2: MICRO-LOCALIZACIÓN TRAMO DEL PROYECTO.**  
**FUENTE: VALORACIÓN AMBIENTAL DEL PROYECTO.**

## 2.2. Descripción del Proyecto Vial

El proyecto consiste en el Mejoramiento del tramo de carretera Granada, estación 8+280 (X=0616317, Y=1328250) a la 18+280(X=06200091, Y=1336925) ruta hacia Malacatoya, con una longitud total de 10.0 kilómetros, ubicado en el municipio de Granada, Departamento de Granada.

Esta carretera es colectora principal y se identifica como NIC - 39, de terreno predominantemente plano, conformado por una superficie de material de arena muy fina en el tramo restante. La condición del tramo de carretera es pésima, con un IRI de 13.8. Para el mejoramiento de la carretera se procederá a estabilizar con cemento una capa de 15 cm de material, la cual servirá de base para la carpeta de rodamiento. Luego se pondrá una capa de arena de 5 cm de espesor, sobre la cual descansaran los adoquines tipo tráfico, confinados por bordillos de concreto.

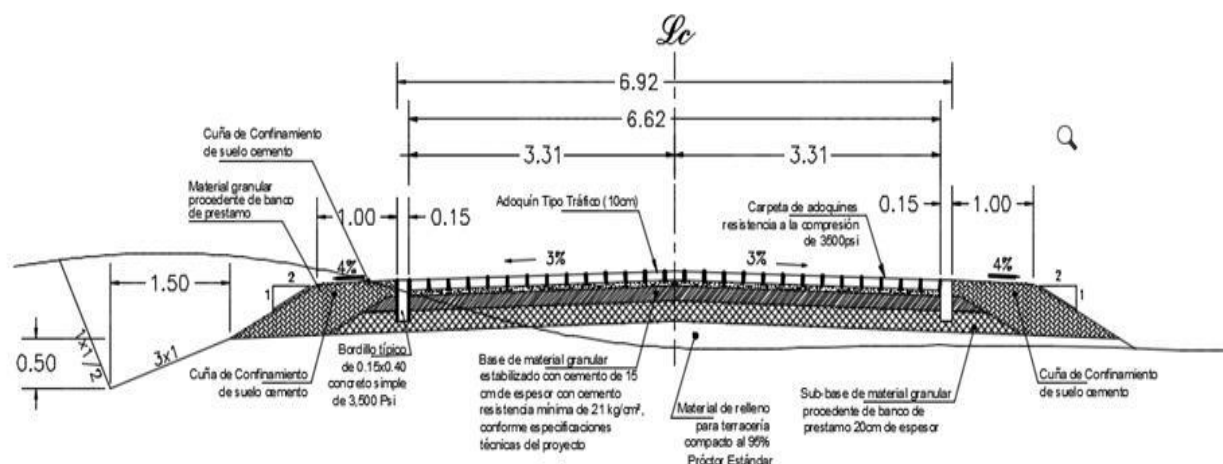
Los Hombros tendrán 0.15m de espesor y serán de suelo cemento. El ancho de la carretera se propone de 6.92 m, compuesto de 2 carriles de 3.31 m de ancho cada uno.



Los bordillos confinadores tendrán un ancho de 0.15 m a cada lado; Para la ejecución de éste proyecto, se pretende conservar el trazado original de la carretera, introduciendo las mejoras donde sean necesarias tanto en el alineamiento horizontal como en el vertical, el cual podría significar la modificación de los radios de giros de las curvas horizontales existentes.

El proyecto incluye obras de drenaje menor y la limpieza de otras. Igualmente el proyecto contempla la señalización vertical y horizontal especialmente en aquellos sectores donde hay focos poblacionales importantes. Se presenta la sección típica del proyecto.

**FIGURA 1: SECCIÓN TÍPICA DEL TRAMO DE LA CARRETERA GRANADA – MALACATOYA.**  
**FUENTE: DIRECCIÓN GENERAL DE PLANIFICACIÓN.**



## Sección Típica de Pavimento de Adoquín de Concreto Sector Rural

### 2.3. Costo de la Ejecución

Los costos de construcción más supervisión es de US 8, 053,400.00

### 2.4. Evaluación Socioeconómica del Proyecto

Mejoramiento de la Carretera Granada km 10–km 20 hacia Malacatoya este modelo realiza la evaluación económica de las opciones de Inversión que se desean realizar en el tramo, utilizando el método del excedente del consumidor el cual mide los beneficios del usuario y los consumidores de los costos reducidos del transporte.

En la evaluación, el modelo compara las alternativas de Inversión con una situación sin proyecto, aportando los indicadores económicos necesarios para seleccionar la opción más rentable y cuantificar sus beneficios económicos.

## 2.5. Análisis del Comportamiento del Tráfico

Para la determinación del tráfico en el tramo de carretera a evaluarse, se tomaron los datos suministrados por la Oficina de Conteo de Tráfico de la División de Administración Vial del Ministerio de Transporte e Infraestructura. (Ver Figura No.1)

Tráfico Normal Histórico  
TPDA del Tramo Granada - Malacatoya

NOMBRE DEL TRAMO	AÑO	Motos	Autos	Jeep	Cmta.	McBus <15 pas.	Mn Bus 15-30 pas.	Bus	Liv. 2-5 Ton	C2 5 + Ton	C3	Tx-Sx >= 5e	V.A	Otros	TPDA
Granada - Malacatoya	2002	42	18	25	128	0	1	20	8	23	0	1	0	18	284
	1999	42	18	25	128	0	1	20	8	23	0	1	0	18	284
	1997	23	23	17	76	2	0	14	12	13	3	2	2	2	189

Fuente: PMS.

**FIGURA 2: TABLA DEL TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL.**  
**FUENTE: DIVISIÓN DE ADMINISTRACIÓN VIAL – MTI.**

Tráfico Proyectado al 2018 del Tramo Granada - Malacatoya

PROYECCIONES DEL TPDA NORMAL - GRANADA - MALACATOYA																		
Año	Vehiculos Livianos				Vehiculos de Pasajeros			Camiones			Camiones + Remolques		Camiones + Semiremolque		Veh. Pesados		Otros	Total (vpd)
	Moto	Auto	Jeep	Cmta	MioBus	MinBus	Bus	C2L	C2	C3	CxRx ≤4	CxRx ≥6	Tx8x5 4	Tx8x2 6	VA	VC		
2016	101	43	80	307	0	2	48	19	55	0	0	0	0	2	0	0	43	880
2018	106	45	63	323	0	2	48	20	58	0	0	0	0	2	0	0	45	712
2017	112	47	66	339	0	2	49	21	61	0	0	0	0	2	0	0	47	748
2018	117	50	70	356	0	2	49	22	64	0	0	0	0	2	0	0	50	782

**FIGURA 3: TABLA DEL TRAFICO PROYECTADO AL 2018.**  
**FUENTE: DIVISIÓN DE ADMINISTRACIÓN VIAL – MTI.**

## Tasa de Crecimiento del Tráfico Normal y Generado para el periodo de vida útil del Proyecto (20 años).

A partir de las variables que se tomaron en consideración, en la siguiente tabla se muestran las tasas de crecimiento del tránsito normal para periodos de 5 años, tasas que se utilizaron al realizar la presente evaluación:

	Daily Traffic 2019 (veh/day)	Traffic Growth Rate (%)			
		2019 - 2023	2024 - 2028	2029 - 2033	2034 - 2038
Car Small	54	8,42	5,10	5,10	5,10
Four-Wheel Drive	386	8,42	5,10	5,10	5,10
Delivery Vehicle	75	8,42	5,10	5,10	5,10
Bus Light	2	6,20	0,80	0,80	0,80
Bus Medium	52	6,20	0,80	0,80	0,80
Truck Light	24	9,15	5,10	5,10	5,10
Truck Medium	70	9,15	5,10	5,10	5,10
Truck Heavy	0	9,15	5,10	5,10	5,10
Truck Articulated	3	9,15	5,10	5,10	5,10
Total	666				

**FIGURA 4: TABLA SOBRE TASA DE CRECIMIENTO DE TRANSITO.**  
**FUENTE: DIVISI3N DE ADMINISTRACI3N VIAL – MTI.**

## 2.6. Beneficios del Proyecto

Al realizarse la Evaluaci3n Econ3mica de un proyecto, el objetivo primario es cuantificar los beneficios econ3micos de varias alternativas que se desean implementar, identificar cu3l de ellas re3ne los mejores indicadores y por ende seleccionar la opci3n m3s rentable.

El mejoramiento de una carretera, trae consigo una amplia gama de beneficios, los cuales son calculados de diferentes maneras. En el presente estudio, se evaluaron econ3micamente dos alternativas de Inversi3n, y a continuaci3n se describen los principales beneficios directos que se consideraron resultarán del mejoramiento del camino:

- Ahorro en los Costos de Operaci3n Vehicular, Este beneficio incluye los ahorros en los Costos de Operaci3n Vehicular del tr3fico normal y generado. En este particular, se conoce que los costos de operaci3n vehicular est3n en funci3n del estado y rugosidad de la carretera, por ende al mejorar el estado de la misma se produce una reducci3n en estos costos.
- Ahorro en los Costos de Mantenimiento. Al ejecutarse el proyecto, se reducen los costos en el componente de conservaci3n y mantenimiento de la carretera, en comparaci3n con la alternativa “Sin Proyecto”, ya que en esta situaci3n se tiene que invertir mayores cantidades de dinero en mantenimiento debido al mal estado de la v3a.
- Ahorro en el tiempo de viaje de los pasajeros. Esto se da como efecto del mejoramiento de la superficie de rodamiento de la carretera y da como resultado un aumento de la velocidad promedio de los veh3culos que transitan por el tramo. Al ahorrar tiempo al desplazarse por el camino, los usuarios, pueden dedicar este tiempo a realizar otras actividades, ya sean productivas o de ocio.



Así mismo, con la implementación de este proyecto se espera que la población que habita dentro del área de influencia del proyecto se beneficie, al tener mayores posibilidades de atención médica, educación y seguridad ciudadana.

## **2.7. Síntesis del Capítulo**

En este Capítulo se realizó una descripción técnica del Proyecto **Mejoramiento del Camino Granada - Malacatoya**, donde se habla de la localización del mismo, de su descripción (en que consiste) como proyecto vial, del costo de ejecución, de su evaluación socioeconómica, del análisis del comportamiento del tráfico y el beneficio general del proyecto, todo con el fin de tener un mejor análisis general y una mejor visión del proyecto en cuanto a las situaciones que se puedan presentar ante el cambio climático.

## CAPÍTULO 3: LINEA BASE AMBIENTAL

### 2.8. Medio Abiótico

#### 2.8.1. Suelo

La zona de estudio comprende una gran diversidad de suelos que se han originado a partir de materiales volcánicos cuaternarios o del eoceno terciario. Los suelos a lo largo de la traza mayoritariamente son suelos agrícolas con volcánicos y sedimentarios de muy buena calidad agronómica. Básicamente son suelos con textura de franco-arenoso a arcillosos de un orden de suelos molisoles en el sistema de Soil Taxonomy.

Los suelos están en planicies con pendientes casi planas entre los suelos pobremente drenados de Tisma y los bien drenados de La Gloria y Zambrano.

El espesor del suelo superficial varía de 30 a 50 centímetros. La parte superior del subsuelo de color pardo grisáceo oscuro tiene un espesor de 15 a 30 centímetros. Tiene un color pardo grisáceo oscuro a pardo grisáceo en húmedo y un color gris claro en seco.

En la **Imagen 1** se puede observar que los suelos encontrados a todo lo largo del Proyecto, en las capas actuales de Base y algunas de Sub-base actualmente en funcionamiento, corresponden mayoritariamente a arenas: arenas gravosas, arenas con limo, arenas limosas y pocos estratos superficiales de arenas arcillosas.

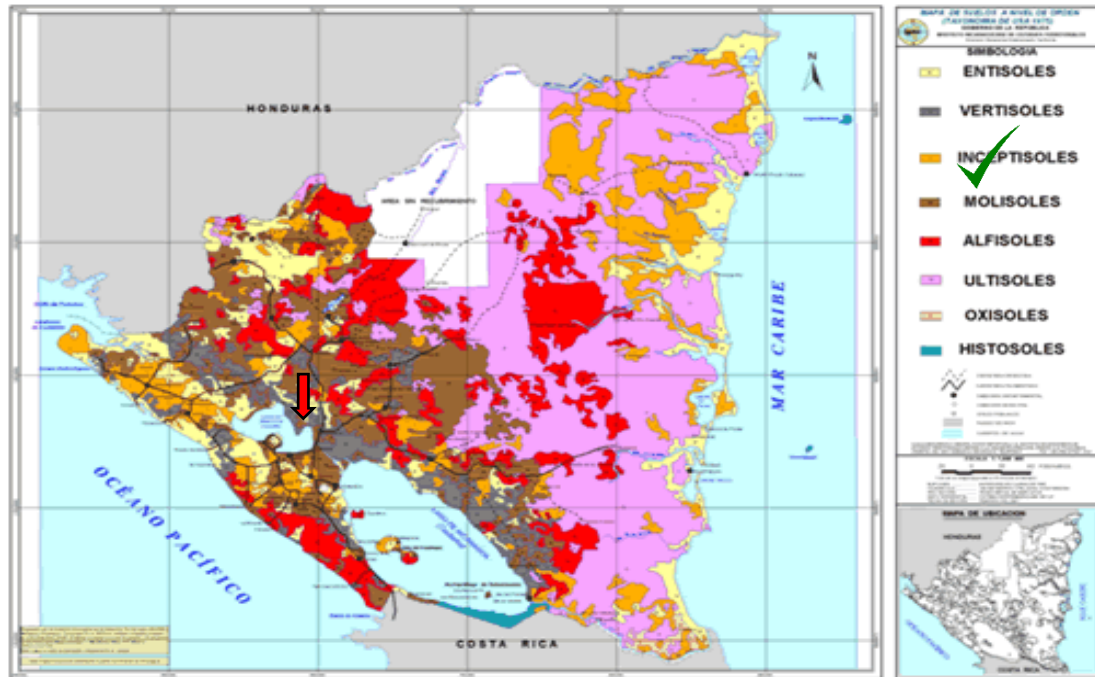


**IMAGEN 1 TRABAJOS DE NIVELACIÓN Y CONFORMACIÓN DEL CAMINO EXISTENTE, AGOSTO 2017**

El grupo que pertenece el suelo a lo largo del área de influencia del proyecto es del orden de los Molisoles, cuyas características son las siguientes:

Los suelos molisoles son los suelos de los ecosistemas de pastizales. Se caracterizan por un horizonte de espesor, superficie oscura. Este horizonte superficial fértil, conocido como un epipedón mólico, los resultados de la adición a largo plazo de materiales orgánicos derivados de raíces de las plantas.

En el siguiente mapa se muestra el orden de suelo al cual pertenece el proyecto:

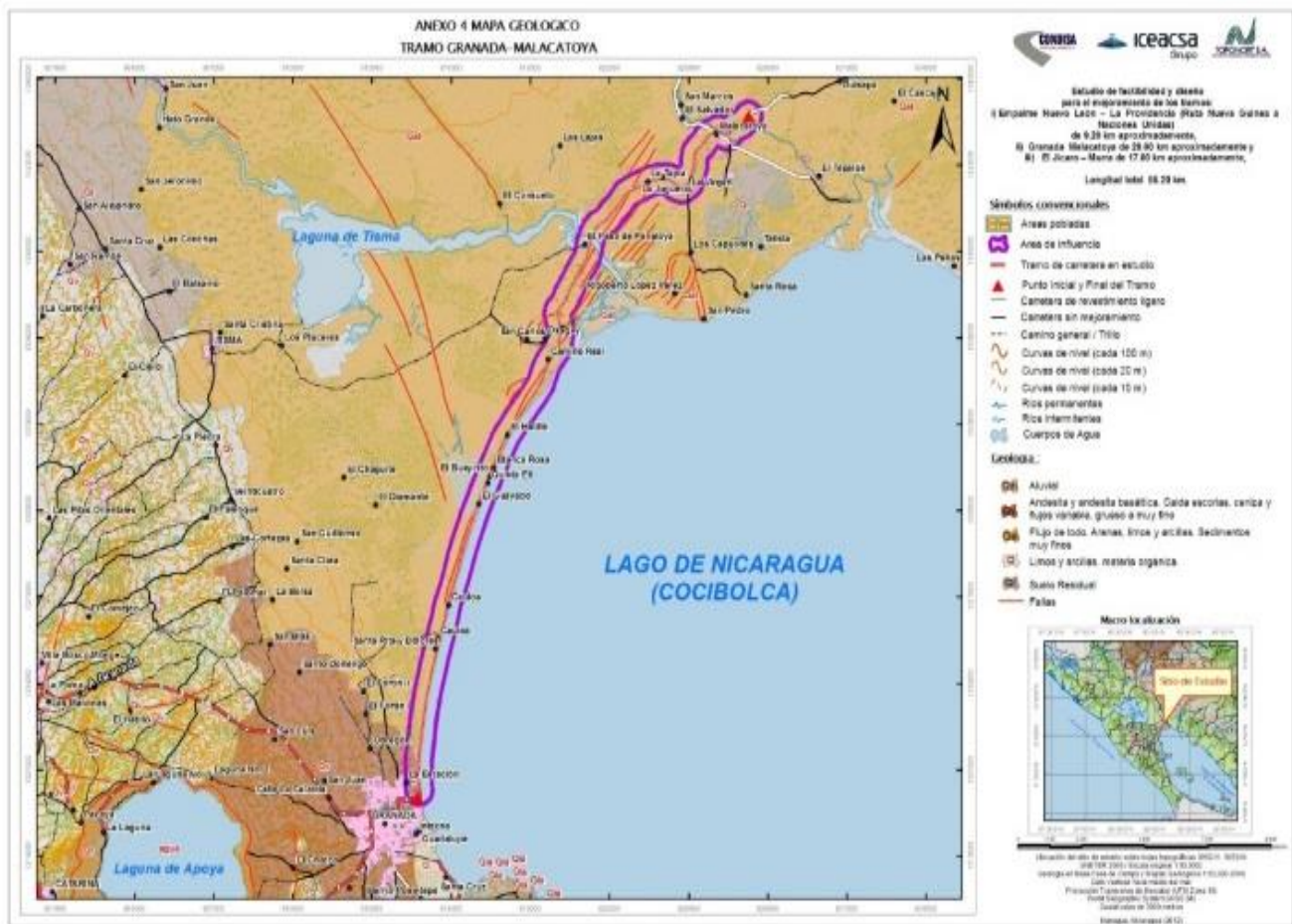


**MAPA 3: TIPOS DE SUELOS A NIVEL DE ORDEN (MOLISOLES). FUENTE: INETER.**

Descripción estratigráfica del suelo: suelos orgánicos, suelo fósil areno arcilloso, suelo fósil y horizonte de pómez, los depósitos de pómez se observan inestables por que los pobladores extraen material de manera inadecuada lo que ocasiona la inestabilidad.

### 2.8.2. Geología

El área de estudio está localizada en la zona del pacifico de Nicaragua en el departamento de Granada. El sitio presenta un relieve plano condicionado por la degradación de los procesos exógenos que actúan en áreas de erosión y sedimentación y la actividad antropica del mismo nombre, la superficie del subsuelo se caracteriza por suelos residuales producto de la meteorización de las rocas.



**MAPA 4: GEOLÓGICO DEL PROYECTO.**

**FUENTE: ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL PROYECTO GRANADA – MALACATOYA, CONDISA**

Se origina del Terciario - cuaternario con materiales de tobas, aglomerados, Lapilli y cenizas compactadas, también está formada por el cuaternario - aluvial de materiales inconsolidados moderadamente sementados de arena, limo y grava, depósitos aluviales constituidos por limos en forma de dunas de 10 m de espesor.

El tramo de carretera Granada – Malacatoya se caracteriza por terrenos bajos, constituidos por material aluvial y lacustre, que forma pantanos o llanos de inundación,

donde el principal accidente geográfico en el río Malacatoya que corre con orientación NO –SE, hasta desembocar en el Gran Lago de Nicaragua.

### **2.8.3. Geomorfología**

El Municipio de Granada se extiende hacia el norte por una alargada franja, paralela a la costa lacustre de tierras bajas y anegadas ciénagas y lagunetas. En el Municipio se levanta el importante macizo Mombacho, con una altura de 1344 m<sup>2</sup>., la máxima del depto.

El terreno del Municipio está formado por la superposición de materiales volcánicos, como resultado de la explosión de apoyo y las más antiguas erupciones del Mombacho. También son de origen volcánico la Isla Zapatera y las Isletas de Granada.

El proyecto de continuidad se encuentra ubicado en la región del Pacífico de Nicaragua, específicamente en el municipio de Granada, municipio que se extiende hacia el norte por una alargada franja, paralela a la costa lacustre de tierras bajas y anegadas ciénagas y lagunetas. A lo largo de los 10 kilómetros del recorrido del proyecto se extiende el majestuoso lago de Nicaragua (una distancia estimada de 500 metros entre la línea costera y el camino existente). Las características de la configuración del terreno son del tipo planicie, la geometría existente es mayormente rectilínea, con pendientes menores al 6%. El proyecto Granada – Malacatoya se encuentra dentro de una amplia llanura aluvial o llanura de inundación del río Malacatoya con una altitud promedio de 40 m.s.n.m.

### **2.8.4. Clima**

El proyecto del tramo Granada – Malacatoya se encuentra localizado en el departamento de Granada, en la región del pacífico central el cual está compuesto de los departamentos de Managua, Masaya, Granada y Carazo.

En la Región del Pacífico la cantidad anual de precipitación oscila entre 1000 mm y 2000 mm. En la mitad del período lluvioso (julio - agosto), se observa un mínimo estival conocido popularmente como "Canícula". El período canicular se manifiesta principalmente en la Región del Pacífico, en la región Norte y en la parte Noroeste de la Región Central, iniciándose generalmente en la tercera decena de julio y finalizando en la segunda decena de agosto. Existen localidades críticas, donde la duración del período canicular se extiende algunas veces hasta los 80 y 100 días (llano de Sébaco, zona Norte del Lago de Managua, Malpaisillo, Nagarote, León, San Francisco del Carnicero, etc.). En las Regiones de Intramontana Norte y Sur, la precipitación anual oscila de 800 mm en los valles intramontanos a 2.500 mm, en las pendientes orientales de las cordilleras.

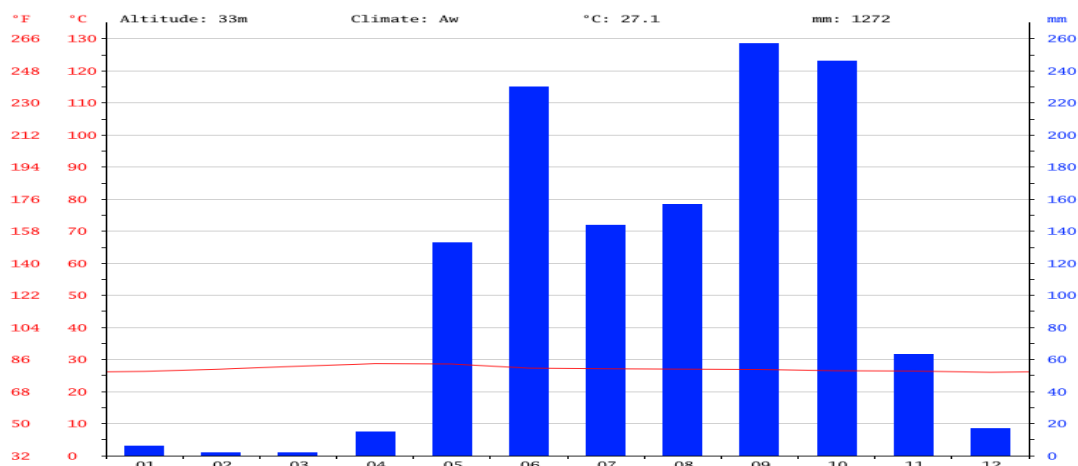
Las Regiones Autónomas del Atlántico (Caribe) se caracterizan por ser las más húmedas; aquí la cantidad anual de precipitación se encuentra en el rango de los 2.500 mm en su parte Norte, hasta más de 5000 mm en el extremo Sureste. Las cantidades máximas de precipitación, se registran en los meses de julio y agosto y las mínimas entre marzo y abril.

Las temperaturas medias anuales presentan variaciones relativamente pequeñas, mientras que los valores extremos diarios muestran oscilaciones considerables. La variabilidad estacional del régimen térmico se aprecia en las vertientes de los principales sistemas montañosos del país, en particular entre los 200 y 900 metros sobre el nivel medio del mar. Existe una clara diferencia entre los regímenes térmicos de las zonas costeras (Atlántico y Pacífico), las que presentan un comportamiento uniforme todo el año, pero muy diferente entre sí y las zonas montañosas localizadas arriba de los 800 msnm.

En las Regiones Autónomas del Atlántico (Caribe), predominan los días cálidos con temperaturas medias entre 26.0 °C y 28.0 °C. En la Región del Pacífico y en la cuenca de los lagos (Cocibolca y Xolotlán), predominan los días muy cálidos, caracterizados por temperaturas medias superiores a 34.0 °C. En las regiones montañosas más elevadas, por encima de los 800 msnm, prevalecen los días confortables casi todo el año, debido a la ocurrencia de temperaturas medias inferiores a 26.0 °C y en algunos puntos menores de 20.0 °C. La temperatura media del país es de 25.4 °C.

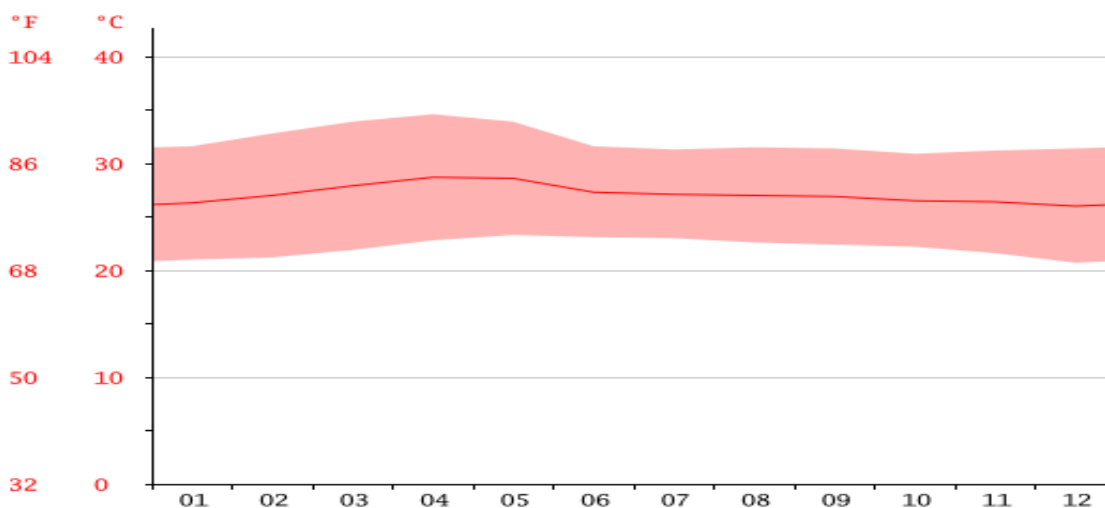
Esta ciudad tiene un clima tropical. Los veranos son mucho más lluviosos que los inviernos en El Guayabo. El clima aquí se clasifica como Aw por el sistema Köppen-Geiger. En El Guayabo, la temperatura media anual es de 27.1 °C. La precipitación es de 1272 mm al año.

Esta ciudad tiene un clima tropical. Los veranos son mucho más lluviosos que los inviernos en El Guayabo. El clima aquí se clasifica como Aw por el sistema Köppen-Geiger.



**GRAFICO 3: GUAYABO, LA TEMPERATURA MEDIA ANUAL ES DE 27.1 ° C. LA PRECIPITACIÓN ES DE 1272 MM AL AÑO.**

La menor cantidad de lluvia ocurre en febrero. El promedio de este mes es 2 mm. La mayor cantidad de precipitación ocurre en septiembre, con un promedio de 257 mm.



**GRAFICO 4: DIAGRAMA DE TEMPERATURA DEL GUAYABO.**

Las temperaturas son más altas en promedio en abril, alrededor de 28.7 ° C. Las temperaturas medias más bajas del año se producen en diciembre, cuando está alrededor de 26.0 ° C.



## Datos Históricos del Tiempo en el Guayabo.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	26.3	27	27.9	28.7	28.6	27.3	27.1	27	26.9	26.5	26.4	26
Temperatura min. (°C)	21	21.2	21.9	22.8	23.3	23.1	23	22.6	22.4	22.2	21.6	20.7
Temperatura máx. (°C)	31.6	32.8	33.9	34.6	33.9	31.6	31.3	31.5	31.4	30.9	31.2	31.4
Temperatura media (°F)	79.3	80.6	82.2	83.7	83.5	81.1	80.8	80.6	80.4	79.7	79.5	78.8
Temperatura min. (°F)	69.8	70.2	71.4	73.0	73.9	73.6	73.4	72.7	72.3	72.0	70.9	69.3
Temperatura máx. (°F)	88.9	91.0	93.0	94.3	93.0	88.9	88.3	88.7	88.5	87.6	88.2	88.5
Precipitación (mm)	6	2	2	15	133	230	144	157	257	246	63	17

**TABLA 2: TABLA CLIMÁTICA.**

La variación en la precipitación entre los meses más secos y más húmedos es 255 mm. La variación en las temperaturas durante todo el año es 2.7 ° C.

La temperatura promedio anual de la zona en la que se ubicada el proyecto oscila entre los 27 – 30° C, Siguiendo los siguientes criterios de evaluación para los proyectos que presentan buenas condiciones

Clasificación	Contar	Köppen-Geiger	Ejemplos
Clima de sabana tropical	10	Aw	El Paso de Panaloya, Los Cocos, Osagay, El Hatillo, El Guayabo

**TABLA 3: CLASIFICACIÓN DEL CLIMA.**

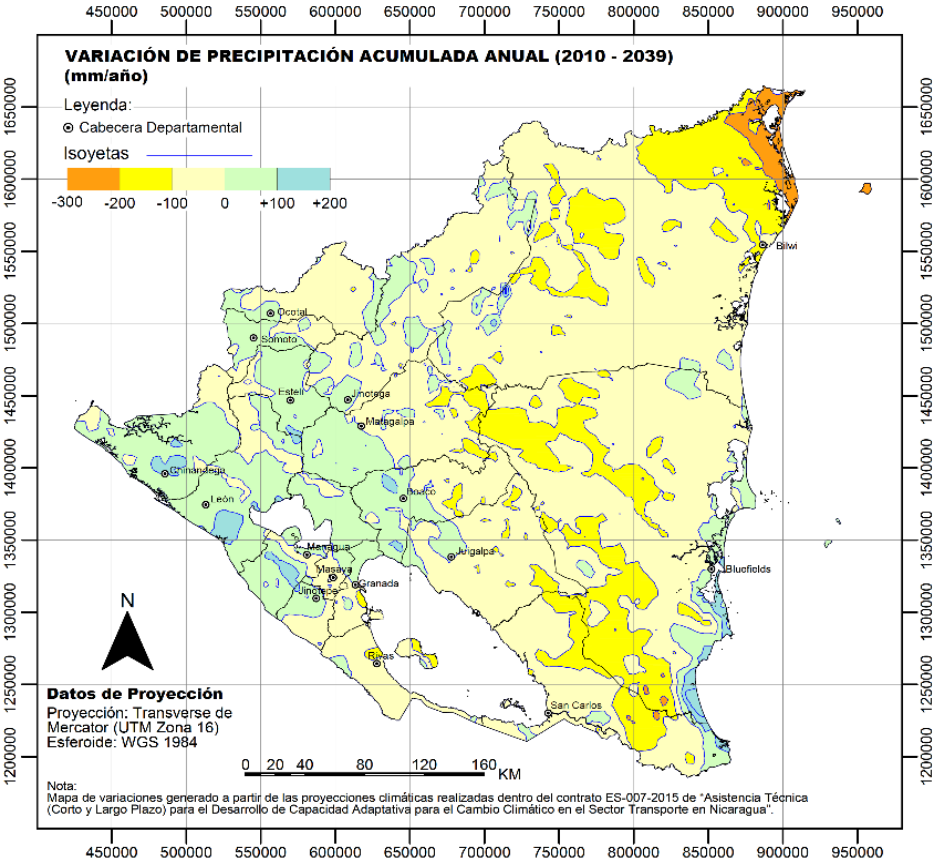
El municipio presenta un clima semi-húmedo con temperatura promedio varía entre los 27° y 27.5 °C con dos estaciones; invierno y verano. Su clima es ardiente en verano y un poco fresco en invierno. Las temperaturas más altas se presentan durante los meses de Abril y Mayo, y las más bajas en el mes de Diciembre. La precipitación anual varía de un mínimo de 1,200 y 1,400mm. Se caracteriza por una buena distribución de las lluvias.

El municipio tiene características físico-naturales aprovechables, se encuentra a 47 km de Managua, posee tierras con potencial agropecuario, posee recursos con potencial turístico escénico y activo.

**Proyecciones de cambio climático en Nicaragua** Dentro del contrato de Asistencia Técnica para el Desarrollo de Capacidad Adaptativa para el Cambio Climático en el Sector Transporte (Convenio de donación: FND C32 / Proceso: SP-014-2013 / Contrato: ES-007-2015) se han desarrollado escenarios de cambio climático regionalizados para Nicaragua a alta resolución espacial y temporal, para toda la Nación en el horizonte 2010-2039 y para el escenario climático RCP 4.5. Para ello se han utilizado técnicas de



regionalización dinámica capaces de reproducir con alta precisión específicamente las condiciones extremas en temperatura y en precipitación que influyen directamente en el diseño, el mantenimiento y la gestión de las infraestructuras de transporte. El resumen del resultado de las proyecciones climáticas es el siguiente:



MAPA 5: PRECIPITACIÓN.  
FUENTE:

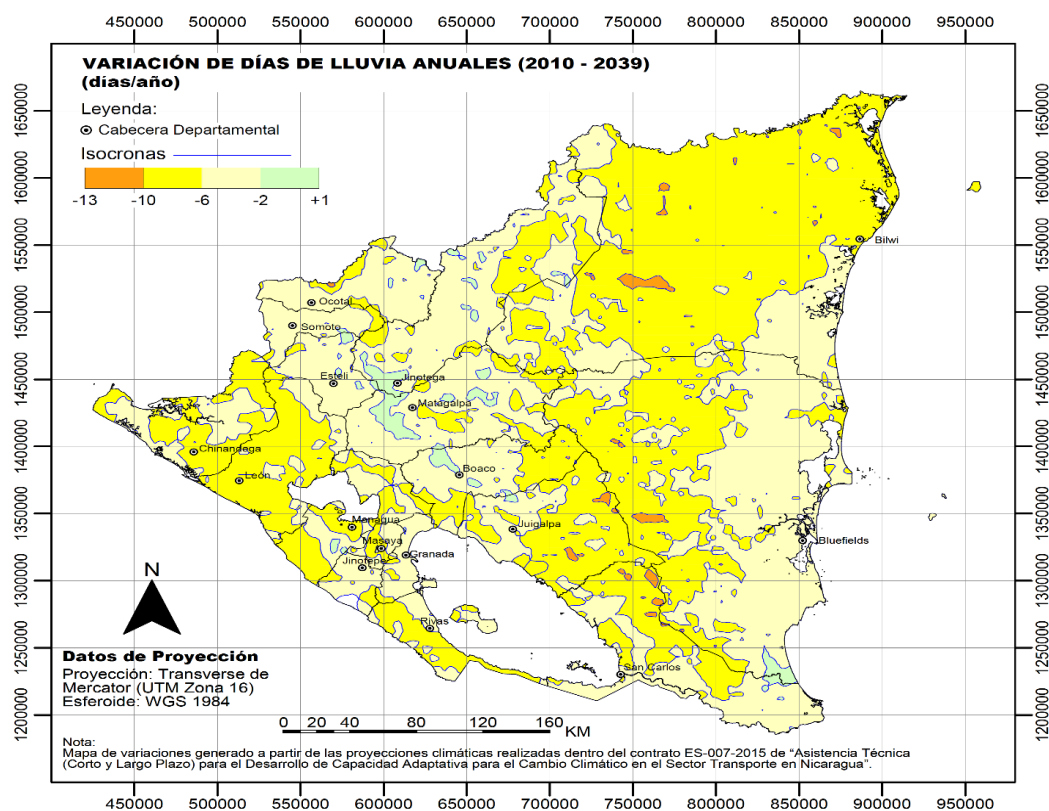
Regiones climáticas	Precipitaciones		
	Precipitación acumulada	Número de días secos	Intensidad de precipitación
Pacífico Central	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de un 38% en los meses de junio y octubre.</li> <li>• Ligera disminución los meses de julio, agosto y septiembre.</li> <li>• A nivel anual se proyecta un incremento del 2%.</li> </ul>	Incremento anual de un 5%. Departamentos de Granada, Managua y Masaya, durante el periodo seco.	No se observan cambios significativos.

TABLA 4: CAMBIO EN LAS PRECIPITACIONES.

Regiones climáticas	Temperaturas	
	Temperatura media 30-anual	Intensidad de precipitación
<b>Pacífico Central</b>	Aumento de 0.7°C	Aumento del indicador en la zona norte del Departamento de Managua.

**TABLA 5: CAMBIOS EN LAS TEMPERATURAS POR REGIONES CLIMÁTICAS.**

**MAPA 6: LLUVIA ANUAL. FUENTE: INETER.**



### 2.8.5. Humedal el Guayabo

El humedal “El Guayabo”, es parte de los humedales de la costa sur del Lago Cocibolca. Este sistema es muy particular, ya que en épocas lluviosas capta altos volúmenes de agua que bajan de la parte alta de la cuenca, haciendo del sitio una zona muy difícil de penetrar en épocas de lluvias, que se presenta de mayo a noviembre, con un periodo canicular bien marcado entre julio y agosto.

Se tiene como un sitio para el avistamiento de aves, sin embargo, no posee una categoría de manejo establecida en la Ley. El área se caracteriza por estar seriamente intervenida, con zonas de pastoreo. Actualmente ha bajado mucho el nivel del manto freático por la sequía de algunos años, sobre todo del año 2015.

Entre los valores significativos para el ambiente que aporta el humedal son los siguientes:

- ✓ Control de la calidad de agua subterránea y su infiltración, al acuífero
- ✓ Refugio de la diversidad biológica de la zona, especialmente de aves migratorias que llegan cada año en busca de alimento y refugio.
- ✓ Protección de las inundaciones, ya que son reservorios naturales de agua que baja de la cuenca.
- ✓ Retención de los sedimentos y contaminantes que llegan de la cuenca, provenientes de la Ciudad de Masaya y de las Arroceras.

#### **2.8.6. Recursos Hídricos**

De conformidad al mapa de cuencas hidrográficas, editado por INETER, que utiliza el sistema de clasificación y codificación establecido por el Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano (P.H.C.A., 1970), la línea del proyecto de Carretera tramo: Granada – Malacatoya está situada en la cuenca hidrográfica Cuenca del Río San Juan. Las aguas que fluyen sobre esta cuenca vierten hacia el Mar Caribe. Específicamente está dentro de la sub-cuenca del Río Malacatoya.

Entre los principales cuerpos de aguas que se encuentran dentro del área de influencia directa del proyecto destacan: Lagunas La Playuela, Amaría, Los Charchos, Estero Panaloya, Laguna de Tisma, ríos Las Lajas, Jiquelito, río Tipitapa y el río Malacatoya al final del proyecto. Además del lago Cocibolca que hace presencia en todo el recorrido a un costado de la extensión del camino.

De manera general presentan un caudal superficial efímero debido a que los cauces y arroyos solo transportan agua en tiempo de precipitaciones fuertes en la zona. Esta dinámica obedece a que los suelos son altamente permeables y de alta infiltración, lo cual permite que gran porcentaje del agua precipitada sea incorporada al manto acuífero (88%) y la otra sea drenada debido a la reducción de la vegetación presente en la zona (Guatemala, 2007).



**IMAGEN 2: OBSÉRVESE LA FORMACIÓN DE CÁRCAVAS EN EL CAMINO.  
FUENTE: PROPIA.**

Nótese en la imagen N° 2 y 3, la formación de cárcavas debido a la escorrentía superficial sobre la vía y por la influencia de las mareas del Lago, este fenómeno se repite en las coordenadas UTM: 614746 N 1322003 E, 614974 N 1321968 E, 615038 N 1323414 E, 615791 N 1324161 E, 615225 N 1324280 E, 615301



**IMAGEN 3: OBSÉRVESE VISTA PANORÁMICA CAPTADA LA LAGUNA LOS CHARCOS,  
UTM 619641 N 1335089 E.**





**MAPA 6: CUENCA DEL RÍO SAN JUAN.**  
**FUENTE INETER**

El municipio se localiza dentro de la Gran Cuenca del Río San Juan. Al norte la cuenca del Río Malacatoya abarca parte de los Departamentos de Managua, Boaco y Granada. Cuenta con un área de 1,434 km<sup>2</sup> y drena al Gran Lago por el mismo río, provocando fuerte incidencia en el municipio por problemas de inundación que eventualmente se producen en los poblados parte baja de la cuenca

El lago más grande de Nicaragua tiene diferentes nombres: las tribus indígenas lo llamaban Cocibolca, los conquistadores españoles le llamaban La Mar Dulce, los granadinos le llamaron Lago de Granada, y hoy en día es generalmente conocido como el 'Lago de Nicaragua'. Su superficie es de 8,264 km<sup>2</sup>, y está localizado en la zona sur oriental del país (con costas cercanas al Pacífico). Este lago de forma ovalada no está contaminado, relativamente, a pesar de algunos serios problemas ambientales que representan reales amenazas para su futuro. Abajo pueden leerse algunos de los más interesantes aspectos del lago, entre ellos su belleza natural, sus habitantes únicos y sus amenazas ambientales.

El río tiene un área de 1,434 km<sup>2</sup> y drena al Lago Cocibolca, provocando fuerte incidencia en el municipio por problemas de inundación que eventualmente se producen en los poblados parte baja de la cuenca.

Los principales ríos dentro del municipio son:

- Malacatoya, parcialmente en el límite norte con el departamento de Boaco

y el municipio de Tipitapa.

- Río Acoto que sirve de límite al noreste del municipio.
- Los cortos ríos Manares, Pital y Dorado corren al sur del Mombacho.
- El Afluente del Río Ochomogo casi une la Península del Menco con la punta sur oeste de la Isla Zapatera frente a la desembocadura del mismo.

El Gran Lago de Nicaragua (o lago Cocibolca) es un lago de agua dulce situado en Nicaragua. Tiene una extensión de 8.624 km<sup>2</sup>, siendo el mayor lago de América central. Tiene en su interior más de 400 isletas, tres islas y dos volcanes.

Por su extensión es el segundo lago de mayor tamaño de América Latina después del Lago de Maracaibo en Venezuela, y antecede al lago Titicaca (de tamaño parecido) que se extiende entre Bolivia y Perú. Es el más grande en América Central, y el noveno más grande en América (y el 25º del mundo).

Es el único lago del mundo que alberga especies marinas como tiburones y peces sierra. El río San Juan le sirve como desagadero conectándolo con el mar Caribe, y el río Tipitapa lo conecta con el lago de Managua o Xolotlán. La ciudad de Granada y el volcán Mombacho se encuentran en la orilla noroccidental del lago.

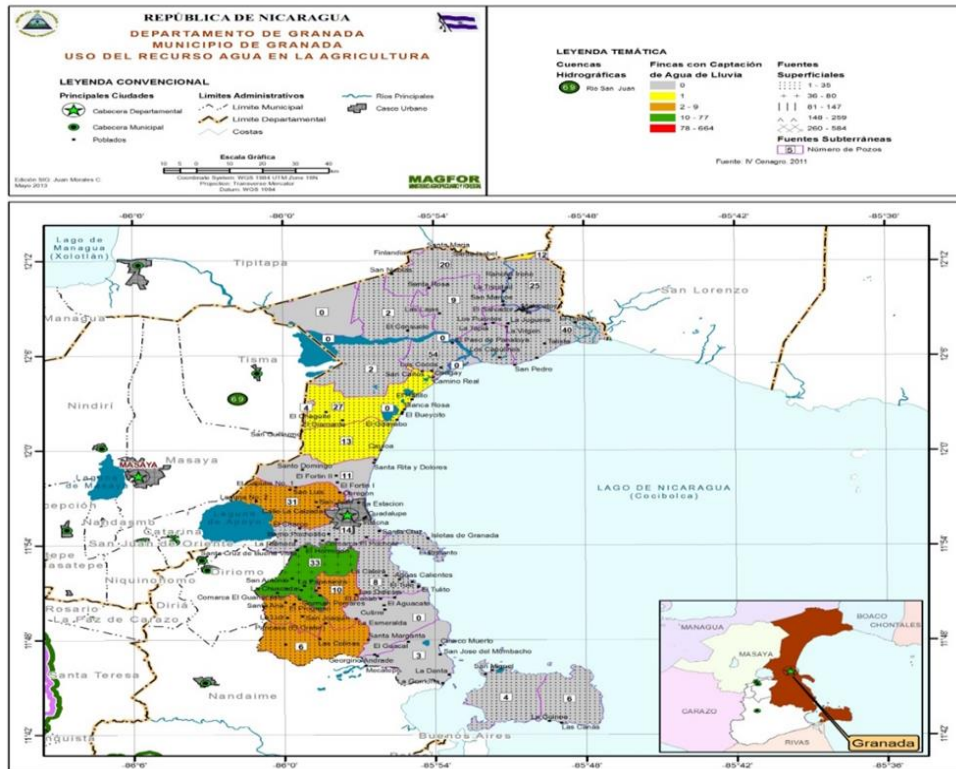
Contiene más de cuatrocientas isletas: conocidas como las Isletas de Granada y el archipiélago de Solentiname; dos islas grandes que son la isla de Zapatera y la isla de Ometepe (la isla más grande del mundo en un lago de agua dulce). En la isla se encuentran dos volcanes, uno de ellos activo, el volcán Concepción, y el volcán Maderas, un santuario de flora y fauna.

Es importante indicar que durante la ejecución de las obras de adoquinado no habrá afectación en el lago de Nicaragua o Cocibolca, dado que el punto más cercano entre el camino y el Lago es de aproximadamente 600 m. Sin embargo, durante la ejecución debe tenerse cuidado en el manejo y disposición de los desechos de construcción y residuos domésticos que genere el Proyecto.

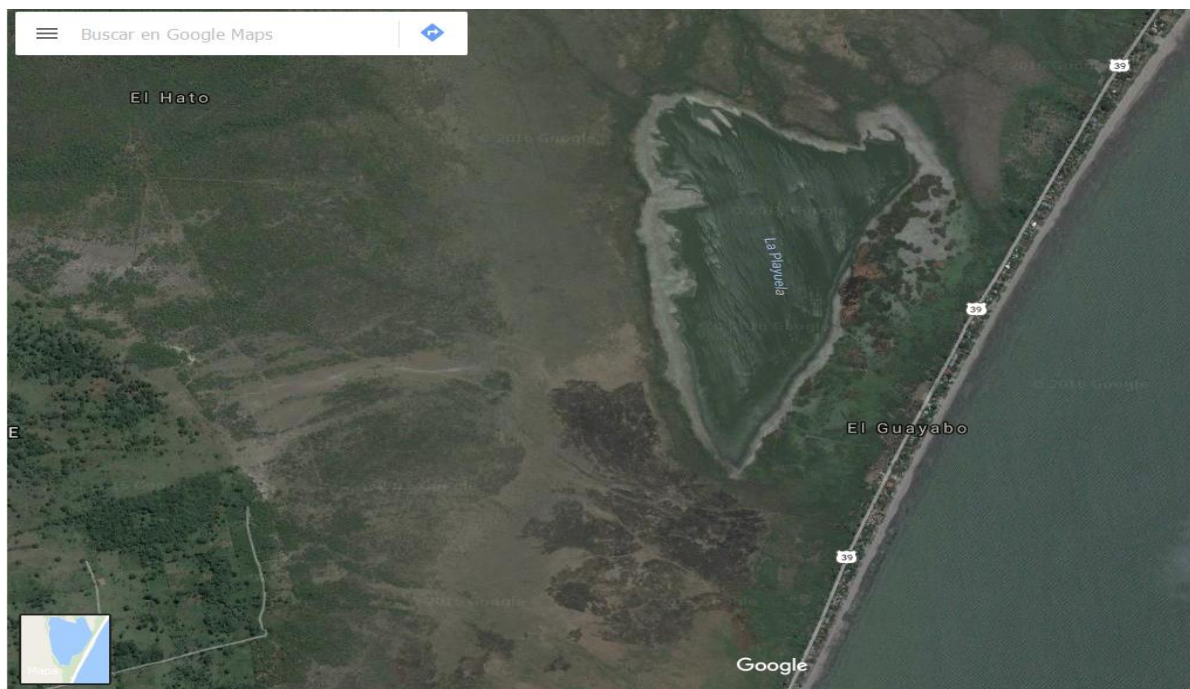


**MAPA 7: HIDROLÓGICA DE NICARAGUA. FUENTE MAGFOR.**





MAPA 8: USO DEL RECURSO AGUA. FUENTE MAGFOR



MAPA 9: EL GUAYABO INICIO DEL TRAMO Y EL PUNTO MÁS CRÍTICO. FUENTE GOOGLE EARTH.



## Caudales que atraviesan el tramo Granada – Malacatoya, fase II.

A lo largo del proyecto, se encuentran zonas en las que los flujos de agua eventualmente atraviesan el camino existente, cuyos caudales causan inundaciones a las comunidades aledañas, dichos puntos se han identificados como “puntos de riesgo” cuyos caudales se detallan en la Tabla 9.

<b>Ptos. De Riesgo</b>	<b>Caudal máximo (m<sup>3</sup>/seg)</b>
<b>14+330</b>	7.9
<b>15+081</b>	6.7
<b>15+826</b>	7.3
<b>16+155</b>	4.6

**TABLA 6: CAUDALES MÁXIMOS EN LA LÍNEA DEL PROYECTO, FUENTE ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO FINAL PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAMO: GRANADA – MALACATOYA, EST. 8+000 A EST. 18+000, LONG. 10 KM, ELABORADO POR EL CONSORCIO: CONDISA-ICEACSA-TOPONORT S.A**

### 2.9. Medio Biótico

Nicaragua se localiza en el centro del continente americano, esta privilegiada localización provoca que el país albergue una gran biodiversidad. En el país se localizan la mayoría de especies del Neártico y de la Región Neotropical, con la excepción de las especies de altas latitudes. Este conjunto de factores junto con el clima y las ligeras variaciones altitudinales permiten que el país de cobijo a 248 especies de anfibios y reptiles, 183 especies de mamíferos, 705 especies de aves, 640 especies de peces y unas 5796 especies de plantas.

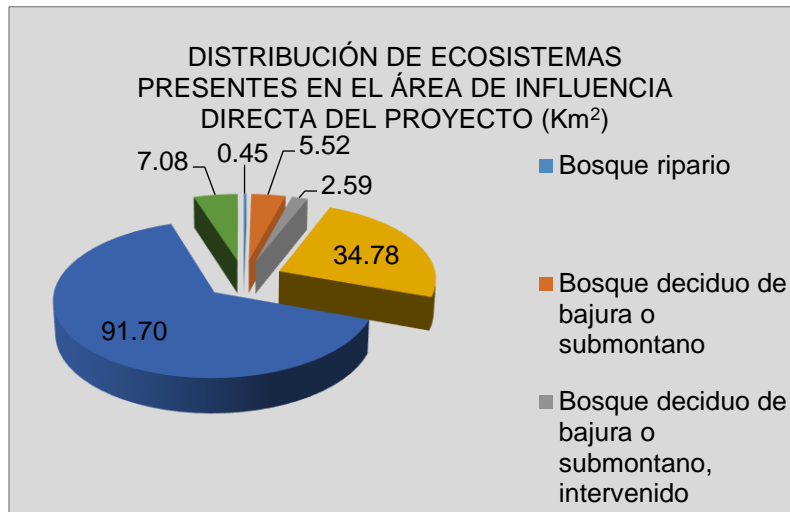
Todas estas especies se distribuyen en los diferentes biomas del país: selvas umbrófilas, selvas tropófilas, bosques de coníferas, sabanas y matorrales.

La flora y fauna del Municipio es de gran riqueza y variedad por las diversas condiciones de paisaje que lo conforman, caracterizando una zona norte de condición muy plana y la zona sur de topografía muy abrupta.

#### 2.9.1. Flora

Según la clasificación de J. Salas (1993), corresponde a la Región Ecológica I (Del Pacífico), y con formaciones vegetales de Bosques medianos o bajos subcaducifolios y otra parte de Bosques medianos a altos de sitios inundados periódicamente o permanentemente con agua dulce, según el Atlas Escolar de Nicaragua (1992).

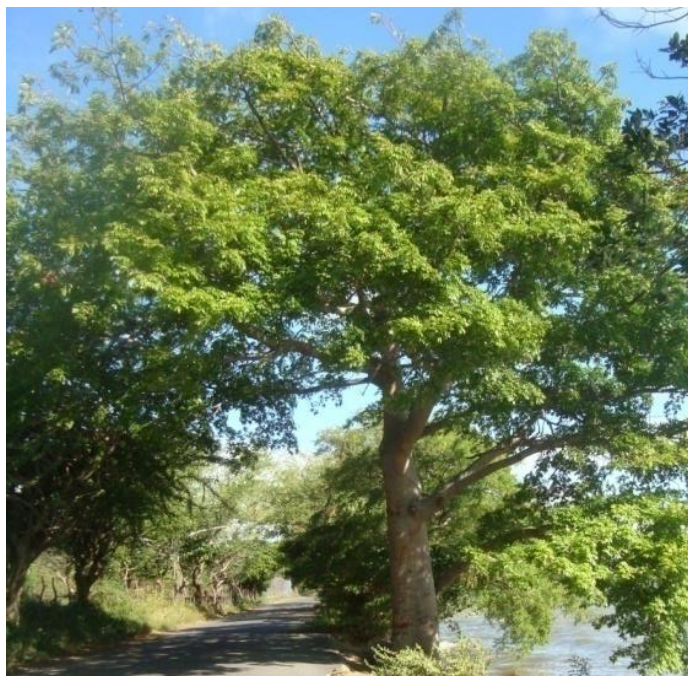
La vegetación del área de influencia directa se caracteriza por la dominancia de especies latifoliadas del bosque tropical semi húmedo. Según el mapa de ecosistemas de Nicaragua elaborado por (MARENA, 2007), indica que el área de influencia directa se localiza dentro del ecosistema denominado Sistema agropecuario con un 10 a 50 % de vegetación natural, SPA1 y SPA2; y Bosque Deciduo de Bajura, IB1a(1). En la Figura N° 1, se muestra con detalle la distribución de los ecosistemas en el área de influencia.



**GRAFICO 5: DISTRIBUCIÓN DE LOS ECOSISTEMAS PRESENTES EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA DEL PROYECTO**

Según Meyrat (2007), los ecosistemas que se encuentran en la zona son:

- SPA1. Sistema agropecuario con 10-25% y 25-50 % de vegetación natural.
- Bosque deciduo de bajura, IB1a(1)



**IMAGEN 4: ESPECIE DE LA FAMILIA BOMBACACEAE COMÚN EN ÁREA, UTM, 614816 N 1321735 E. CEIBA PETANDRA**

Las especies de árboles fue posible constatar su existencia en el área de influencia, se presentan en la tabla siguiente.

**TABLA 7: PRINCIPALES ESPECIES DE ÁRBOLES QUE SE ENCUENTRAN EN LA ZONA**

Nombre Común	Nombre científico
Pochote	<i>Bombacopsis quinata</i>
Ceiba	<i>Ceiba Pentandra</i>
Jiñocuabo	<i>Bursera simaruba (L.) Sarg.</i>
Eucalipto	<i>Eucalyptus camaldulensis Dehnh</i>
Guanacaste	<i>Entorolobium cyclocarpum</i>
Roble Macuelizo	<i>Tabebuia rosea</i>
Matapalo	<i>Ficus maxima Miller.</i>
Guácimo de Ternero	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Llamarada del bosque	<i>Spathodea campanulata</i>
Helequeme	<i>Erythrina spp.</i>
Chilamate	<i>Ficus spp</i>

### **2.9.2. Fauna**

La Fauna es de relevancia para determinar el estado de los ecosistemas, además juega un papel muy importante en la dinámica de ellos y sobre todo en el sistema social

económico de la población por la diversidad de aves y mamíferos que suplen en gran medida las necesidades alimenticias y de sustento de la población.

El inventario de fauna en la zona, permitió la identificación de especies, entre las que figuran el Mono araña (*Ateles geoffroyi*), Conejo *Sylvilagus* sp.), Ardilla (*Sciurus* sp.).Coyote (*Canis latrans*) y la Iguana verde (riberino).

Además, se constató mediante trabajo de campo la existencia de mamíferos, aves, reptiles y ofidios propios de la zona así como algunas variedades de aves pequeñas y vistosas que pasan por estas tierras en sus migraciones anuales. Entre los animales observados se encuentran: Conejos (*Sylvilagus brasiliensis*, *S. floridanus*) ardillas (*Sciurus deppei*, *Microsciurus alfari*), diferentes especies de Chocoyos, periquito pecho morado (*Aratinga finshi*), pijules (*Crotophaga sulcirostri*), paloma (*Zenaida asiática* y *Z. macroura*), zanate (*Quiscalus mexicanus*), perico (*Aratinga canicularis*), chachalaca (*Ortalis cinereiceps*), Zopilotes (*Coragyps atratus*), güises (*Myiarchus tuberculife*, *Myiarchus crinitus*, *Pitangus sulphuratus*, *Megarhynchus pitangua*, *Myiozetetes similis*, *Myiozetetes granadensis*).

Otros como: lora (*Amazona spp.*), gallinas (*Gallus gallus*), guardabarranco (*Eumomota superciliosa*).

Otros especies que destacan son: coral (*Micrurus hallen*), coralilla (*Micrurus multifasciatus*), zorro (*Didelphys marsupialis*), Culebra mica (*Spilotes pullatus*), ratonera (*Elaphe favirufa*, *Masticophis mentovarius Duméril, Bibron & Duméril*), ratonera tropical común (*Senticolis triaspis (Cope)*) (Rueda, 2007). Una especie que se encuentra en el apéndice II de CITES es Boa Constrictor, orden Serpentes, familia Boidae, que se ha sido observado, según relatos de los habitantes en el área de influencia del proyecto. En la tabla 11, se enumeran las especies más comunes en la zona, cuya presencia ha sido verificada mediante el formato de campo para la verificación de especies terrestre.

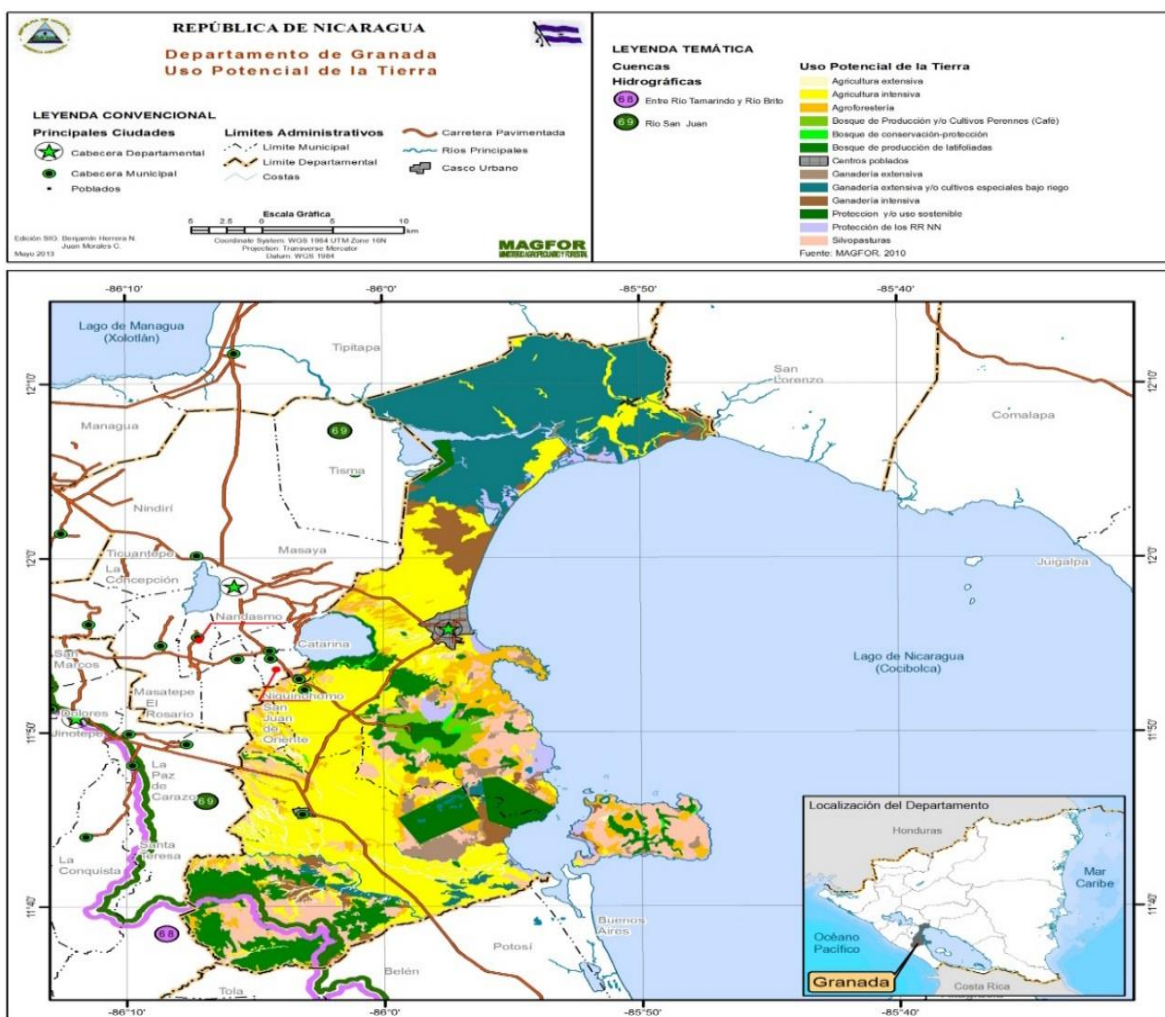
**TABLA 8: ESPECIES MÁS COMUNES VERIFICADA SU PRESENCIA**

Nombre común		Nombre científico
Palomas	Alas	Zenaida Asiática
Blancas		
Paloma Potrareña		Zenaida Macroura
Conejo		<i>Sylvilagus brasiliensis</i>
Ardillas		<i>Sciurus deppei</i> , <i>Microsciurus alfari</i>
Güises		<i>Myiarchus tuberculife</i> , <i>Myiarchus crinitus</i> , <i>Pitangus sulphuratus</i> ,

	<i>Megarhynchus pitangua, Myiozetetes similis, Myiozetetes granadensis</i>
Gallinas	<i>Gallus gallus</i>
Pijul	<i>Crotophaga sulcirostri</i>
Urraca	<i>Calocitta ferrosa</i>
Zorro cola pelada	<i>Didelphys marsupialis</i>
Zopilote común	<i>Coragyps atratus</i>
Chocoyo común	<i>Aratinga canicularis</i>
Zanate clarinero	<i>Quiscalus mexicanus</i>
Boa	<i>Boa constrictor</i>
Garrobo	<i>Ctenosaura similis</i>
<b><i>Especies en peligro de extinción</i></b>	
Periquito pecho morado ( <i>Aratinga finshi</i> , Chachalaca ( <i>Ortalis cinereiceps</i> ), Lora ( <i>Amazona spp.</i> ), Guardabarranco ( <i>Eumomota superciliosa</i> )	

## 2.10. Medio Socioeconómico

Para la realización del estudio socio económico se recopiló información en las municipalidades, con entes gubernamentales localizados en el área del proyecto, y empresas localizadas. De esta manera se logró identificar la actividad económica de la población, información social (escuelas, servicios básicos, puestos de salud, medio de transporte), condición de viviendas, actividad económica, población, y más. Granada tiene una extensión departamental de 1,039.68 km².



**MAPA 9: USO POTENCIAL DE LA TIERRA.**  
**FUENTE MAGFOR.**

### **2.10.1. Población**

Su población se reparte en partes casi similares entre las zonas urbanas y las rurales (65.2% urbana). El clima predominante es de sabana tropical, con temperaturas bastante calientes en la mayor parte del territorio, aunque un poco más frescas en la Meseta de Los Pueblos. Tiene apenas 4 municipios, lo que lo convierte en el departamento nacional con menos unidades municipales de Nicaragua.

Las comunidades y pobladores directamente beneficiados por el proyecto dentro del área de influencia son: Osagay, 740 habitantes, Los Cocos, 924 habitantes, El Guayabo, 1980 habitantes y Camino Real con 1524, para un total de beneficiados directos de 5,228



habitantes. No obstante, hay que mencionar que el tramo de 10 Km. a rehabilitar es solamente una porción del total de la carretera que conduce a Malacatoya, misma que ya se encuentra adoquinada en el tramo inicial (Desde Malacatoya hasta el sur del Paso de Panaloya), por lo que el número de personas beneficiadas aumenta considerablemente, a la par que mejora el acceso desde Tecolostote, en el departamento de Boaco hacia Granada, constituyendo un corredor interdepartamental que gradualmente ha venido aumentando la importancia en el traslado de personas, insumos, productos y mercadería en diferentes direcciones.

La influencia indirecta se ha considerado todo el municipio de Granada, la población beneficiada indirecta del proyecto se ha estimado en base a datos oficiales del INIDE (VII CENSO de Población y IV de Vivienda 2005), según Departamento y Municipio, los cuales son 127,893.00 habitantes.

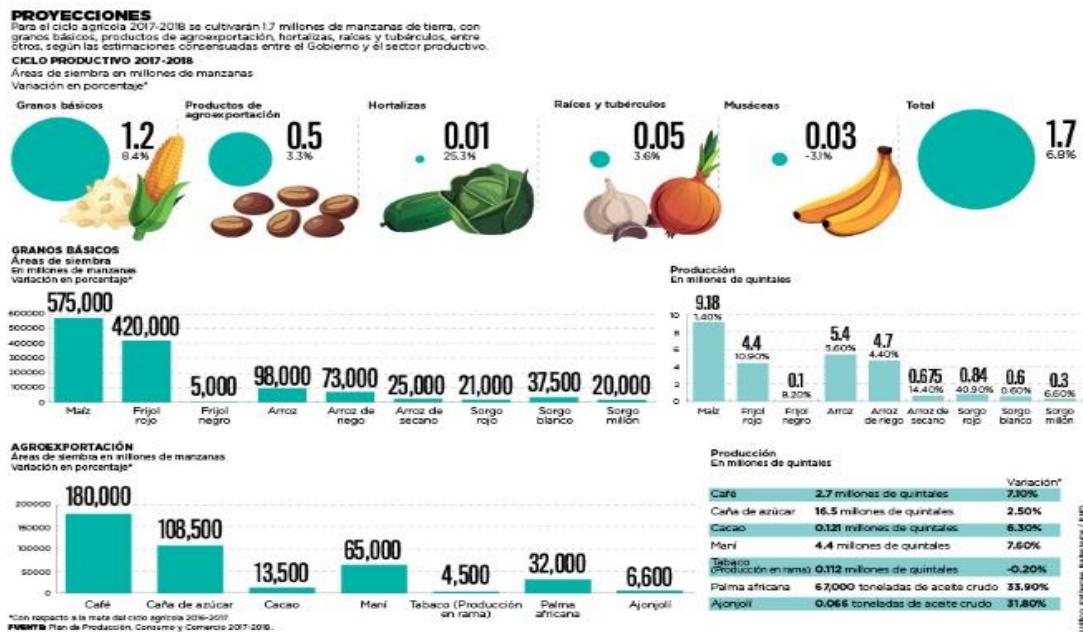
**TABLA 9: POBLACIÓN MUNICIPIO DE GRANADA**

<b>Año</b>	<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>	<b>Ambos sexos</b>
2005	57,046	58,015	<b>115,061</b>
2017	63,814	65,403	<b>129,217</b>
%	49.39	50.61	<b>100</b>
2020	65,261	66,846	<b>132,107</b>
%	49.40	50.60	<b>100</b>

**FUENTE: PROYECCIÓN CON BASE A DATOS INIDE 2005 (TASA DE CRECIMIENTO 2015-2020)**

### **2.10.2.      *Actividades Económicas***

La actividad económica de la zona de influencia se caracteriza por la explotación del arroz, fundamentalmente cultivándose también el frijol, maíz, sorgo industrial y sorgo blanco. La explotación de la ganadería es para doble propósito: carne y leche y subproductos como quesos, crema y mantequilla artesanal, forraje y otros.



**GRAFICO 6: PROYECCIONES DE PRODUCCIÓN, FUENTE MAGFOR**

- **Sectores Económicos predominantes**

Los principales sectores económicos son los siguientes:

**Sector Primario:** la Agricultura y la Ganadería es la tercera actividad económica de importancia. Destaca el cultivo del arroz.

**Sector Secundario:** El 18% de la Población Económicamente Activa se dedica a las actividades relacionadas a la industria textil, mueble, panadería, papel, jalea, etc.

**Sector Terciario:** En este sector se concentra la mayor actividad económica. Otro de los recursos de importancia en el Municipio de Granada es el Turismo que se encuentra en desarrollo.

Así mismo, a lo largo del tramo de camino, se encuentran casas de playa y centros de diversión, lo cual constituye una forma de ingresos económicos en la zona por turismo, rubro muy importante en el municipio al contar con recursos naturales muy preciados. Es muy importante señalar que Granada se ha convertido en la ciudad turística por excelencia de Nicaragua por estar ubicada a orillas del Gran Lago de Nicaragua y contar con las Isletas de Granada, además de tener fácil acceso a la Isla de Ometepe y por las caminatas que se pueden realizar al Volcán Mombacho.

Los mapas de pobreza tienen el propósito de ordenar, de acuerdo a su nivel de pobreza, las diferentes zonas geográficas de un país como los departamentos, regiones,



municipios entre otros. Con este ordenamiento se tiene una idea confiable de la distribución de la pobreza. El “Mapa de Pobreza Extrema Municipal” presentado por el INIDE fue elaborado a partir de datos del VIII Censo Nacional de Población y IV de Vivienda 2005.

Siguiendo la metodología estipulada, el INIDE clasifica los municipios según la proporción de hogares en situación de pobreza extrema en una de las siguientes cuatro categorías:

- Pobreza severa
- Pobreza alta
- Pobreza media
- Pobreza baja

### **Proyecciones de Producción Agropecuaria**

El municipio cuenta con un total de 1, 402 productores y productoras agropecuarias individuales: 882 varones y 520 mujeres, propietarios de 1, 430 explotaciones agropecuarias, con una superficie de 61, 312.49 manzanas. El gráfico No.7 muestra la distribución por género de productores agropecuarios en el municipio de Granada.

**Gráfico Productores Agrícolas**

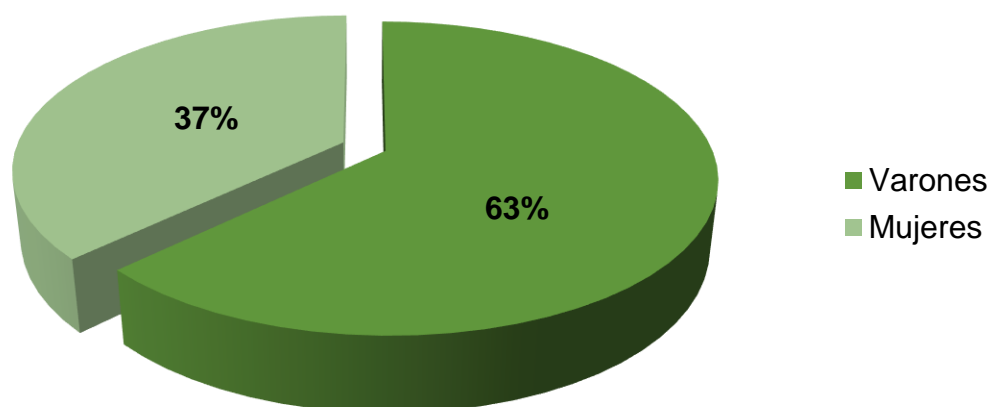


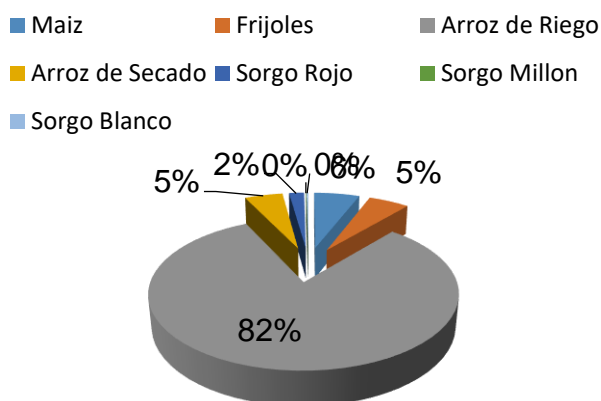
Grafico 7: datos del IV censo agropecuario cenagro de la totalidad de manzanas dedicadas a la producción de uso agrícola y de uso pecuario. fuente, elaboración propia.

### **Actividad Agrícola**

Se reportan 504 fincas con un área de 16,297.86 manzanas, de las cuales 958.33 son de maíz, 857.65 de frijoles, 13,322 de arroz de riego, 801.38 de arroz de secado, 316 de sorgo rojo, 10 de sorgo millón y 32.50 de sorgo blanco.

El siguiente gráfico, muestra el porcentaje de áreas cultivadas.

### AREA CULTIVADA (Mz)



**GRAFICO 8: DATOS DEL IV CENSO NACIONAL AGROPECUARIO CENAGRO.**

**FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.**

### Actividad Pecuaria

En el municipio se contabiliza con ganado bovino, ganado porcino, fincas avícolas entre otros. La Tabla No 10 detalla las cantidades de ganado según su especie:

Ganado	No de Fincas	No de Cabezas
Bovino	656	22,067.00
Porcino	352	1,620.00
Avicultura	964	30,588.00
Otro tipo de Especies	429	3,274.00
Apicultura	13	206 Colmenas
<b>Total</b>	<b>2,414 Fincas</b>	

**TABLA 10: DETALLE DE CRIANZA DE ANIMALES DOMESTICOS.**

**FUENTE: IV CENSO NACIONAL AGROPECUARIO CENAGRO (2010-2011)**

A continuación se presenta la categoría de pobreza del municipio para el tramo, los totales de población y hogares que se encontraban en extrema pobreza al momento del estudio y la incidencia de pobreza extrema por población y hogar. También se presenta el agregado de la incidencia de pobreza extrema por tramo.

incidencia de pobreza extrema en el tramo Granada-Malacatoya					
Municipios	Total de Población en Pobreza Extrema	Índice Población en Extrema Pobreza	Total de Hogares en Pobreza Extrema	Índice de Hogares en Extrema Pobreza	Nivel de Pobreza
Granada	33,914	32.2	5,621	25.9	P. Baja

**TABLA 11: ÍNDICE DE POBREZA EXTREMA EN EL PROYECTO DE LA CARRETERA**

El tramo Granada-Malacatoya está localizado en el municipio de Granada que se encuentra en la categoría de Pobreza Baja, sin embargo el 25.9% de los hogares en el municipio que representan 32.2% de la población viven en extrema pobreza.

Los datos presentados son consistentes con el estudio de pobreza llevado a cabo por el INIDE en 2008, y basado en datos del VIII Censo Nacional de Población y IV de Vivienda 2005.



**MAPA 10: DISTRIBUCIÓN DE POBREZA EXTREMA DE NICARAGUA. FUENTE, INIDE.**

### **2.10.3. Educación**

En el sector se ubican dos escuelas primarias. En su totalidad (todo el tramo desde Malacatoya) las escuelas primarias atienden un total de 10,243 estudiantes, en 163 aulas. En educación secundaria se cuenta con 8 centros de los cuales 5 son privados y 3 estatales, atienden una población de 8,192 estudiantes en un total de 137 aulas. Existen además 3 escuelas técnicas, 3 universidades y 1 escuela de educación especial.

En el área rural el municipio está equipado con 34 escuelas de educación primaria que representan el 65% de la población estudiantil potencial en las edades comprendidas de 6 a 12 años, esta población es atendida en 88 aulas que en su mayoría no presentan buenas condiciones. Con respecto a educación secundaria existen 5 centros distribuidos en

Malacatoya, El Guayabo, Capulín, El Diamante, El Hormigón atendiendo un total de 2,142 estudiantes en 30 aulas.

En el trayecto del proyecto se localizan dos Centros Escolares que atienden el nivel primario de educación, Escuela José Dolores estrada (comunidad El Guayabo) y una escuela de reciente construcción, conocida como la “Escuelita Nueva”, en la comunidad de Osagay.

#### **2.10.4. Salud**

El municipio cuenta con las siguientes unidades de salud: 2 Hospitales que brindan cobertura Municipal con 148 camas y 50 consultorios, 5 Centros de Salud, con un total de 21 consultorios atendiendo 156 consultas promedio por día. 11 Puestos de salud, 4 urbanos, 7 rurales con 35 consultorios totales. Las principales enfermedades que afectan al municipio son enfermedades respiratorias agudas, parasitarias y diarreicas.

La población circundante al proyecto, cuenta con tres unidades de salud donde son atendidos a través de los diversos programas que impulsa el Ministerio de Salud. Estos son: Puestos de Salud en el Paso de Panaloya y comunidad de Tepalón respectivamente, establecimientos donde se atiende consulta externa y programas establecidos; en Malacatoya se cuenta con un Centro de Salud con camas. En el caso de los embarazos y partos, éstos se atienden directamente en el Hospital Amistad Japón Nicaragua, en Granada, ciudad donde existe una Casa Materna que alberga a las mujeres rurales que llegan a dar a Luz.

#### **2.10.5. Agua Potable y Alcantarillado Sanitario**

El municipio de Granada cuenta con servicio público de agua potable cuya administración está a cargo del ENACAL, según datos proporcionados por esta entidad, el casco urbano cuenta con 13,800 conexiones, de los cuales; 13,246 son conexiones domiciliarias, 300 son comerciales, 27 industriales, 113 conexiones de Gobierno y 114 conexiones urbanas progresivas. Se cuenta a nivel urbano con 6 tanques de acero.

En Malacatoya con 278 conexiones domiciliarias, 5 de Gobierno sumando un total de 283 conexiones. A nivel Rural hay 2 tanques de acero 10,000 Gal de capacidad. La problemática del servicio es, la baja presión de la red de distribución, al noreste y sur oeste de la ciudad, la falta de tanques de almacenamiento, fallas en motores y obsolescencia de la red.

### **2.10.6.      *Energía eléctrica***

El municipio de Granada cuenta con el servicio de energía domiciliar, la cual está a cargo de la Empresa la Empresa GAS NATURAL, antes UNION FENOSA DISNORTE, interconectado al sistema nacional. En el ámbito urbano y rural se contabilizan 15,398 conexiones legales y aproximadamente 3,000 ilegales, el principal problema es la falta de cultura de pago, las conexiones ilegales, las amenazas a la infraestructura por parte de grupos delictivos, y la falta de alumbrado público en el 50% de la ciudad. Existen aproximadamente 1,500 conexiones ilegales.

El alumbrado público cubre el 50% de la ciudad, principalmente en el casco histórico. En algunos sectores existe la red, sin embargo, no se presta el servicio debido a destrucción de la infraestructura por parte de grupos delictivos, así como por la falta de cultura de pago de algunos pobladores, lo que no permite recuperar la inversión.

El servicio de la zona rural es cubierto en un 80%, principalmente en las zonas productivas, por ejemplo al norte del municipio, dada la importancia económica de Malacatoya, la energía eléctrica cubre la totalidad. El servicio de alumbrado público existe en algunas comunidades como Malacatoya, El Paso, La Laguna, Las Prusia, San Antonio Tepeyac.

El principal problema es la falta de cultura de pago, las conexiones ilegales, las amenazas a la infraestructura por parte de grupos delictivos, y la falta de alumbrado público en el 50% de la ciudad.

### **2.10.7.      *Red vial y Servicios de Transporte***

El Municipio cuenta con dos accesos principales de comunicación, por el centro - oeste, la carretera que viene de Masaya y Managua. Por el Sur la carretera que comunica con Nandaime, Rivas. Al Norte se encuentra el acceso desde Tecolostote (Boaco) pasando por Malacatoya. La carretera Granada - Nandaime se enlaza con una importante vía de acceso de carácter internacional, donde circulan vehículos de carga y pasajeros procedentes de Costa Rica y Panamá.

El Municipio cuenta con 131 km de red vial en sus diferentes categorías, de estos solamente 17 km son pavimentados, correspondiendo a las carreteras principales de acceso. La Red vial Urbana está compuesta de 120 km de vías, de estos unos 20 km corresponde a la red vial principal. El Municipio cuenta con vías de acceso interno (red vial urbana) de 122.8 km de los cuales 42.40 km están pavimentadas y en regular estado.

Actualmente en el municipio no existe una terminal de buses diseñada para este fin. A nivel urbano existen 19 unidades de buses y Microbuses, con una frecuencia de 20 minutos las cuales realizan 47 viajes. A nivel rural se cuenta con 13 unidades. El número de unidades interurbanas son 88 de las cuales la mitad viaja hacia el sur del municipio, estas realizan 150 viajes, las otras 44 unidades viajan hacia Masaya y Managua y realizan 132 viajes por día. En total las unidades de transporte, urbano, rural, e interurbano suman 120 unidades para atender un total de aproximadamente 11,760 pasajeros.

La posición geográfica del municipio ofrece ventajas para el fácil acceso comercial por tierra también existe potencial de comunicación con el mar a través del Lago.

#### **2.10.8.        *Generación, recolección y tratamiento de desechos sólidos***

El municipio cuenta con servicio de recolección de basura en el área urbana, éste servicio es prestado por la Alcaldía a través de empresas particulares con una periodicidad de 3 veces por semana. Se cuenta con un sitio de disposición final de basura conocido como La Joya, el cual se localiza a 4 km del cementerio, sobre la carretera a Nandaime. En el área rural no existe un sistema de disposición final para los desechos sólidos, por lo que la población tiene el inadecuado habito de quemar o enterrar estos desechos.

#### **2.10.9.        *Cementerio***

En la zona del proyecto existe un cementerio, el cual es administrado por la Alcaldía. El mismo no se verá afectado por el proyecto.

#### **2.10.10.      *Mercado***

El municipio de Granada cuenta con un mercado cuya construcción es de carácter neoclásico construido en 1,892 con una extensión de 9,545 m<sup>2</sup> y un área construida de 4,850 m<sup>2</sup>. En la actualidad tiene capacidad para aproximadamente 284 tramos, sin embargo, existen fuera del diseño establecido 141 tramos. En las afueras del mercado se han establecidos 651 vendedores ocupando áreas y calles cercanas al inmueble. Fuera de las instalaciones se calcula un total del 60%. En total existen 1,076 tramos comerciales. La Problemática de este servicio es el mal funcionamiento, deterioro de las instalaciones físicas, en especial las instalaciones eléctricas, drenaje sanitario y paredes. Desorden y congestión vial en el entorno de las edificaciones del mercado.

#### **2.10.11.      *Rastro Municipal***

El municipio cuenta con un Rastro o Matadero que fue construido en 1,995 en el reparto San Ignacio, posee todas las instalaciones necesarias para un buen funcionamiento.

## **2.11. Síntesis del Capítulo**

El Capítulo 3 se establece la línea base o caracterización ambiental del proyecto, en el cual se estudió sobre el medio ambiente del proyecto, definiendo el sistema de elementos bióticos, abióticos, socio-económicos, culturales que interactúan entre sí, a la vez determinando los factores que influyen en el proyecto como: la topografía, clima, agua, suelo, amenazas naturales y geología siendo parte estos del medio abiótico; la fauna y la vegetación del medio biótico; Amenazas antropogenicas, poblaciones, redes y servicios básicos, asentamientos humanos, áreas protegidas, económico – financiero estos últimos son parte del medio socio-económico y por ultimo tenemos el medio perceptivo el cual se refiere al ruido, al paisaje, tecnología y funcionamiento del marco legal.





## CAPÍTULO 4: EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS DEL PROYECTO

Una vez realizada la caracterización de la línea base ambiental se procedió a realizar la evaluación de riesgo, localizando los puntos críticos del tramo del proyecto los cuales se basaron en los estudios antes realizados.

### 4.1 Análisis de Amenazas

El análisis de amenazas se fundamentó en la investigación de antecedentes, con el fin de identificar los diferentes tipos de amenazas que puedan existir sobre el tramo y en sus cercanías que logren causar algún daño a la infraestructura de la carretera interrumpiendo el servicio de transitabilidad de los usuarios.

Las principales afectaciones del Municipio se producen en el área rural los principales problemas; desde a orilla de ríos y lagunas, contaminación de suelos y ríos por insecticidas y fertilizantes.



**IMAGEN 5: AFECTACIÓN DE LA CARRETA GRANADA - MALACATOYA POR LA SOCAVACIÓN DEL SUELO**

El proceso de contaminación que sufre el lago de Nicaragua, también conocido como Lago Cocibolca, principalmente por la descarga de aguas provenientes del Lago Xolotlan "ya contaminado", es uno de los problemas de mayor trascendencia a nivel regional y nacional.

La distancia más corta entre el tramo y la costa del lago es de aproximadamente seiscientos (600) metros. Sin embargo, se restringirán actividades de disposición de desechos de construcción próxima al lago, dado su importancia.

En el área urbana la poca cobertura del drenaje sanitario provoca contaminación en arroyos, de igual manera la basura que allí se deposita y residuos industriales van a descargar al lago aumentando sus niveles de contaminación. La infiltración de lixiviados en el subsuelo, producto de la descomposición de desechos sólidos del basurero "La Joya", amenazan contaminar el principal acuífero utilizado como principal fuente de agua potable del área urbana.

Según la Alcaldía de Granada (2015), y los datos manejados por el Instituto Nicaragüense de Estudios territoriales, INETER, en el municipio de Granada, tiene una amenaza ponderada de 6, las de mayor impacto son por sismo e inundaciones. observada la categorización que alcanza por cada una de las amenazas analizadas, siendo las principales amenazas presentes en el Municipio de Granada: inundaciones, sismicidad y sequias. Según nuestro análisis de identificación de amenazas se valoraron las siguientes:

### **Amenazas, clasificadas por origen (natural, socio-natural, antropógenas)**

#### **Amenazas socio-naturales** (origen Hidrometeorológico)

Lluvias intensas (inundaciones): Constituye la principal amenaza presente en el tramo carretero.

Temperaturas extremas. (Amenaza Despreciable)

Deslizamientos. (Potencial)

Sequia (Amenaza Severa)

Vientos intensos. (Amenaza Despreciable)

Degradación o transformación ambiental y/o de intervención humana en los ecosistemas.

### **Amenazas**

#### **Origen Natural**

##### **Inundaciones**

La amenaza por inundación constituye la principal amenaza presente en el área de estudio.

#### **4.1.1. Identificación de Amenazas**

El primer paso consistió en elaborar un mapa de ubicación del sitio, donde se identificó el punto más crítico y se procedió a ubicar en el mapa de amenaza por inundación elaborado por INETER, en el caso de estudio las amenazas en el tramo de carretera, las obras de drenaje cedieron y en algunos puntos del poblado se inundó debido a las fuertes lluvias.

Se señalaron las amenazas, si es por inundación, deslizamiento, sísmica, sequía, examinar y puntualizar, ya sean las siguientes fuentes:

- Amenazas
- Origen Natural
- Inundación/Deslizamiento/Sequia/Sísmica/
- Herramienta para evaluarla

Se analizaron sus causas, efectos, periodicidad, intensidad, etc., obra de mitigación estructural o no estructural propuesta donde corresponda, matrices, etc.

El segundo paso consistió en ubicar los elementos expuestos a las amenazas: el tramo de carretera, las obras de drenaje y el poblado en un mapa.

Como el tramo ya existe, se documentaron las amenazas ocurridas en el área de estudio: cuándo ocurrieron, la intensidad, pérdidas y daños provocados, auxiliándonos de la información recopilada de las alcaldías, estudios ambientales, estudios de factibilidad, ordenamiento territorial, otros estudios o información disponible, levantamiento de información en visitas de campo a través de encuestas y entrevistas a los pobladores, así como también apoyarse de fuentes como periódicos e internet.

Se realizó una visita in situ en el tramo a través de un recorrido y poder documentar las amenazas ocurridas (previamente investigadas) con la participación de la comunidad, aprovechando al máximo posible el conocimiento local. Utilización de GPS y cámara fotográfica, para levantamiento de las coordenadas (UTM) y evidencia visual. Llenar matrices del SNIP, 2015: I, II y III de información



**IMAGEN 6: AFECTACIÓN DE INUNDACIÓN EN LAS ÚLTIMAS LLUVIAS REGISTRADAS EN EL PROYECTO**

general, características generales del área de influencia del proyecto y de identificación de amenazas por inundación como se muestra en la imagen, a continuación se muestra los tipos de amenazas:

### **Origen Natural:**

#### **Volcánica**

La principal fuente de esta amenaza la constituye el volcán Mombacho con su estructura truncada como consecuencia de dos grandes avalanchas de bloque. La actividad sísmica ocasionó que la estructura cediera en una avalancha inmensa, que alcanzó al gran Lago de Nicaragua. Referente a las erupciones, éstas son relativamente muy viejas, pero aún se aprecian flujos lávicos y pequeños depósitos de escoria. Su reactivación es poco probable, pero posible. De ocurrir este fenómeno, están las emanaciones de gases y cenizas, erupciones de tipo estombólicas, material piroclástico y flujos de lava, las cuales estarán muy en dependencia del curso de los vientos.

#### **Amenaza de Huracanes**

Según el mapa de trayectoria de vórtices ciclónico (INETER, 2001) los huracanes, según su trayectoria, ya convertidos en depresión tropical, que pasaron más cercano al proyecto fueron:

-Septiembre de 1971 el Huracán Irene

-Octubre de 1988 el Huracán Joan

Más la periodicidad de estos fenómenos es tan solo probable y es imposible saber con certeza la dirección que vayan a tomar una vez se hayan conformado.

No obstante, la aparente poca afluencia de este fenómeno, la magnitud con que este puede repercutir sobre la influencia del área de influencia del proyecto no puede predecirse. Aunque esta área se haya resguardada por la presencia de la cadena montañosa central, que sirve para atenuar la intensidad con que alcanza esta zona. La presencia de este resguardo físico le otorga un bajo grado de amenaza general. En especial se ha demostrado que huracanes de alta magnitud y categoría son capaces de penetrar hasta la región Pacífico del país, en donde su capacidad para hacer estragos es mayor.

#### **Sequía Meteorológica**

El área de influencia sobre la cual se emplaza este proyecto ha sufrido de sequías durante más de 40 años en sus diversas comunidades, siendo responsable de incrementar las sequías hídricas cada vez más severas en la zona, salvo por

algunas comunidades donde la sequía meteorológica no ha sido tan severa, debido a una mejor conservación del medio ambiente, del recurso hídrico y forestal. Sin embargo, este fenómeno ha estado presente desde 1973 en esta zona, primero con frecuencias de décadas, pero ahora en ciclos más cortos.

Esta área es físicamente vulnerable a padecer de este fenómeno por su cercanía con el lago y su carácter de planicie. La lámina de agua refleja efectivamente la radiación y toda la superficie recibe el asolamiento de forma directa. Además, el transporte por convección en el viento lo vuelve ineludiblemente una zona seca, pese a contar con flujos de agua permanentes. En general la amenaza para el área de influencia es severa.

### **Amenazas Sísmicas**

La sismicidad en el área de influencia del proyecto es debido a la interacción tectónica de las Placas Cocos y Caribe en subducción, pudiendo provocar eventos hasta los 8,0 grados de magnitud en la escala Richter. En Granada se encuentran cuatro fallas geológicas que atraviesan al municipio en dirección Oeste a Este. La primera es el Arroyo Zacateligue, desde el sector del Cementerio, la segunda es la Aduana, cruza todo el centro de Granada y desemboca en el Lago Cocibolca; la tercera reside en la parte Norte es conocido como Pancasán y la última es la de Villa Sandino.

Por otra parte, la incidencia del complejo de volcanes Masaya, Apoyo y Mombacho, cuya evolución geológica dinámica aún no está estabilizada, representa una amenaza para el municipio. En el pasado la actividad sísmica de esta zona ha demostrado su potencia, siendo capaz de interrumpir el flujo superficial del Lago de Managua hacia el Lago de Nicaragua, que sólo pudo ser reestablecido tras el Huracán Mitch. El lineamiento ha quedado hundido, lo que permitió la formación de lagunas (Laguna de Tisma y Laguna La Playuela de Tisma).

### **Amenazas por Inundaciones**

La inundación es una amenaza latente en el área de influencia, debido a factores meteorológicos en complicidad con el deterioro ambiental, producto de la deforestación y sobre-explotación del suelo. Bajo régimen de alta pluviosidad los cauces tienden a desbordarse, puesto que se encuentran cubiertos de basura.

Por otro lado, los suelos antiguos son predispuestos a sufrir de erosión, transportando el material en grandes cantidades hacia las depresiones tectónicas.

Posteriormente ocurre inundación en los valles llanos, el agua traspasa rápidamente y ante la desembocadura al cono fluvial el fenómeno se transmite a un territorio extenso. Un ejemplo de este suceso lo constituye el río Tipitapa, cuya zona esta frecuentemente inundada, alcanzado manifestación catastrófica para el año 1998.

El peligro hidrológico dentro del área de influencia se debe a la frecuencia de ciclones tropicales, así como por su cercanía con ríos, lagunas y el Lago de Nicaragua, elemento que también se ve potenciado debido a su posición con respecto a la dirección del viento y de ciertos accidentes topográficos

En este acápite se valoraron los siguientes puntos:

- Confort Higrotérmica.
- Viento.
- Precipitaciones.
- Ruido.
- Calidad del Aire.

#### 4.1.2. Evaluación de Emplazamiento.

Las siguientes tablas detallan la vulnerabilidad de los componentes de emplazamiento

**TABLA 50: EVALUACIÓN DE EMPLAZAMIENTO.**

COMPONENTE BIOCLIMATICO, TRAMO GRANADA - MALACATOYA									
EVALUACION	CONFORT HIDROTÉRMICO	VIENTO	PRECIPITACION	RUIDOS	CALIDAD DEL AIRE	P	F	ExPxP	PxF
1						3	0	0.00	0.00
2			X			2	1	4.00	2.00
3	X	X		X	X	1	4	12.00	4.00
VALOR TOTAL = (ExPxP)/(PxF)			2.67					16.00	6.00
Justificación									
1. Confort Hidrotérmico: la temperatura promedio anual de la zona en la que se ubica el proyecto oscila entre los 27-30°C, siguiendo los criterios de evaluación para los proyectos que presentan buenas condiciones térmicas para el hábitat humano se le asignó al proyecto Granada – Malacatoya una evaluación de 3.									
2. Viento: la velocidad promedio anual del viento para el departamento de Granada es aproximada a los 14Km/H, equivalentes a 3.89 m/seg, siendo este valor menor a los 5.5 m/seg según los criterios de evaluación, se procedió a asignarle al proyecto Granada – Malacatoya una evaluación de 3.									
3. Precipitación: la precipitación promedio anual oscila entre 1200-1400mm3, siendo una zona costera que presenta un riguroso régimen de precipitación pero no supera la media del territorio, por tanto se le dio una evaluación de 2.									
4. Ruido, se registran niveles de ruido inferiores a los 40 dBA al ser una zona rural, con poco tráfico promedio anual, y actividades agropecuarias de manera artesanal.									
5. Calidad del Aire, el proyecto se ubica dentro de una zona poco afectada por la contaminación del aire, ya que el trafico promedio es bajo.									
Resultado:									
2.70, El sitio no es vulnerable, exento de riesgo y/o buena calidad ambiental para el emplazamiento del proyecto, por lo que la instancia de evaluación considera este sitio elegible para el desarrollo del proyecto									



**TABLA 61: COMPONENTE N°2**

COMPONENTE GEOLOGIA, TRAMO GRANADA - MALACATOYA										
EVALUACION	SISMICIDAD	EROSION	DESLIZAMINIENTOS	VULCANISMO	RANGOS DE PENDIENTE	CALIDAD DEL SUELO	P	F	ExPxP	PxF
1				X			3	1	3.00	3.00
2	X	X				x	2	3	12.00	6.00
3			x		X		1	2	6.00	2.00
VALOR TOTAL = (ExPxP)/(PxF)			1.91						21.00	11.00
Justificación										
1. Sismicidad: se encuentran cuatro fallas geológicas en el departamento que afectan directamente el area de influencia del proyecto, estas son el Arroyo Zacateligue que viene desde el sector del Cementerio, la segunda es la Aduana, que cruza todo el centro de Granada y desemboca en el Lago Cocibolca. La tercera está en la parte norte, conocido como Pancasán y la cuarta es la de Villa Sandino.										
2. Erocion: el sitio donde se ejecutara el proyecto presenta evidencias de erosion hidrica, causa de las crecidas del Lago de Nicaragua										
3. Deslizamientos: la topografía a lo largo del tramo de construcción de la carretera es totalmente plana por lo cual no existe riesgo de deslizamientos de tierra en sus alrededores.										
4. Vulcanismo: las posibles afectaciones ante una eventual actividad volcánica del Volcán Mombacho (a tan solo 23.28KM del inicio del Proyecto), podrían ser las emanaciones de gases y cenizas, erupciones de tipo estrombólicas, emanaciones de gases, cenizas, material piroclástico, y flujos de lava.										
5. Rangos de Pendientes: en el recorrido del proyecto se destaca una topografía totalmente plana con pendientes menores al 6% .										
6. Calidad del Suelo: los diferentes estratos de arenas y gravas que posee el terreno a lo largo de los 10 km son del tipo A-2-4 los que poseen características de consistencias que van desde No plásticos hasta 35% de límite líquido y 13% de índice de plasticidad. El nivel del manto freático se encuentra a menos de 5 metros.										
Resultado:										
1.91, El sitio donde se propone emplazar el proyecto es susceptible de afectación ya que tiene algunos riesgos a desastres y/o existen limitaciones ambientales que pueden eventualmente lesionar la salud de las personas que habitan el sitio. Por lo que se sugiere la búsqueda de una mejor alternativa de localización y en caso de no presentarse otra alternativa deberá estudiarse de forma detallada la elegibilidad del sitio para el desarrollo del proyecto.										

**TABLA 72: COMPONENTE N°3**

COMPONENTE ECOSISTEMA, TRAMO GRANADA - MALACATOYA										
EVALUACION	SUELOS AGRICOLAS	HIDROLOGIA SUPERFICIAL	HIDROLOGIA SUBTERRANEA	LAGOS	AREAS FRAGILES	SEDIMENTACION	P	F	ExPxF	PxF
1					X		3	1	3.00	3.00
2		X	X	X		X	2	4	16.00	8.00
3	X						1	1	3.00	1.00
VALOR TOTAL = (ExPxF)/(PxP)			1.83						22.00	12.00
<b>Justificación</b>										
1. Suelos Agrícolas: existen terrenos agrícolas próximos al área de influencia del sitio de construcción del proyecto, de siembra de cultivos de arroz, cuyas técnicas de cultivo no son dañinas la salud de la población del área de influencia.										
2. Hidrología Superficial: el área de influencia del proyecto, se encuentra expuesto ante fenómenos de inundación como efecto de la manifestación de huracanes, tormentas, ciclones, ondas tropicales e intensas lluvias, debido a las altas precipitaciones y grandes cantidades de agua acumulada, en complicidad con los sistemas frontales o del viento, en donde la deforestación y las condiciones del terreno juegan un papel importante.										
3. Hidrología Subterránea: en el sitio de influencia del proyecto se localizan fuentes de agua subterránea a distancias menores de 20 metros con profundidades entre 10 y 40 metros que abastecen de agua a la población de la cercanía.										
4. Lagos: el tramo se ubica próximo a la línea costera con una altura promedio máxima de 2.0m sobre la cota de los derechos naturales del lago de Nicaragua.										
5. Áreas Frágiles: el sitio se encuentra dentro del área de influencia del humedal de "El Guayabo" el cual pertenece al sistema lagunar de Tisma.										
6. Sedimentación: el sitio se ubica dentro de zonas receptoras de sedimentos causa de la erosión hídrica.										
<b>Resultado:</b>										
1.89, El sitio donde se propone emplazar el proyecto es susceptible de afectación ya que tiene algunos riesgos a desastres y/o existen limitaciones ambientales que pueden eventualmente lesionar la salud de las personas que habitan el sitio. Por lo que se sugiere la búsqueda de una mejor alternativa de localización y en caso de no presentarse otra alternativa deberá estudiarse de forma detallada la elegibilidad del sitio para el desarrollo del proyecto.										



**TABLA 83: COMPONENTE N°4**

COMPONENTE MEDIO CONSTRUIDO, TRAMO GRANADA - MALACATOYA								
EVALUACION	USOS DEL SUELO	ACCESIBILIDAD	ACCESO A LOS SERVICIOS	ÁREAS COMUNALES	P	F	ExPxF	PxF
1					3	0	0.00	0.00
2					2	0	0.00	0.00
3	X	X	X	X	1	4	12.00	4.00
VALOR TOTAL = (ExPxF)/(PxF)			3				12.00	4.00
<b>Justificación</b>								
1. Usos del Suelo: los suelos predominantes son para la agricultura, se observa la existencia de cultivos de arroz y ganadería.								
2. Accesibilidad: el tránsito por el área de influencia del proyecto es transitable durante todo las épocas del año.								
3. Acceso a los Servicios: los poblados que cruza el proyecto cuenta con los servicios básicos de agua potable, agua sanitaria, electricidad, red telefónica.								
4. Áreas Comunes: la zona de influencia del proyecto cuenta con los servicios básicos necesarios para el desarrollo de las comunidades aledañas y cuenta con la capacidad para que áreas comunales vecinas se puedan integrar.								
<b>Resultado:</b>								
3, El sitio no es vulnerable, exento de riesgo y/o buena calidad ambiental para el emplazamiento del proyecto, por lo que la instancia de evaluación considera este sitio elegible para el desarrollo del proyecto.								

**TABLA 94: COMPONENTE N°5**

COMPONENTE INTERACCION (CONTAMINACION), TRAMO GRANADA - MALACATOYA									
EVALUACION	DESECHOS SÓLIDOS Y LÍQUIDOS	INDUSTRIAS CONTAMINANTES	LÍNEAS DE ALTA TENSIÓN	PELIGRO EXPL. E INCENDIOS	SERVICIOS DE RECOLECCIÓN DESECHOS	P	F	ExPx F	Px F
1	Componente N°6					3	0	0.00	0.00
2	Tabla No: 13					2	0	0.00	0.00
3	X	X	X	X	X	1	5	15.00	5.00
VALOR TOTAL = (ExPx F)/(Px F)			3					15.00	5.00
<b>Justificación</b>									
1. Desechos Sólidos y Líquidos: el tramo del proyecto se encuentra a distancias prudenciales de vertederos de desechos sólidos.									
2. Industrias Contaminantes: el sitio se ubica aproximadamente a 5 kilómetros del centro de la ciudad, lejos de industrias muy contaminantes.									
3. Líneas de Alta Tensión: en el recorrido del proyecto se observó que se cuenta con el servicio de luz eléctrica pero que las líneas de alta tensión se encuentran a distancias considerables, no menores de 100m.									
4. Peligro Expl. e Incendios: el sitio se ubica a distancias considerables de zonas de riesgo explosivo.									
5. Servicios de Recolección Desechos: las comunidades que cruza el trazado del proyecto se ubica dentro de zonas que tienen cobertura de recolección de desechos.									
<b>Resultado:</b>									
3, El sitio no es vulnerable, exento de riesgo y/o buena calidad ambiental para el emplazamiento del proyecto, por lo que la instancia de evaluación considera este sitio elegible para el desarrollo del proyecto.									

**TABLA 15:10 COMPONENTE N°6**

COMPONENTE INSTITUCIONAL Y SOCIAL, TRAMO GRANADA - MALACATOYA							
EVALUACION	CONFLICTOS TERRITORIALES	SEGURIDAD CIUDADANA	MARCO LEGAL	P	F	ExPxF	PxF
1				3	0	0.00	0.00
2				2	0	0.00	0.00
3	X	X	X	1	3	9.00	3.00
VALOR TOTAL = (ExPxF)/(PxF)			3			9.00	3.00
<b>Justificación</b>							
1. Conflictos territoriales: no existen conflictos territoriales.							
2. Seguridad Ciudadana: el área de influencia del proyecto está catalogada como una zona seguro.							
3. Marco Legal: el proyecto cuenta con normativas legales ambientales o de propiedad.							
<b>Resultado:</b>							
3, El sitio no es vulnerable, exento de riesgo y/o buena calidad ambiental para el emplazamiento del proyecto, por lo que la instancia de evaluación considera este sitio elegible para el desarrollo del proyecto.							

**TABLA 116: RESUMEN DE EVALUACIÓN DE EMPLAZAMIENTO**

<b>RESUMEN DE LA EVALUACION</b>	
<i>COMPONENTES</i>	<i>EVALUACION</i>
BIOCLIMATICO	2.67
GEOLOGIA	1.91
ECOSISTEMA	1.83
MEDIO CONSTRUIDO	3
INTERACCION (CONTAMINACION)	3
INSTITUCIONAL SOCIAL	3
<b>PROMEDIO</b>	<b>2.57</b>

En el cuadro resumen de los componentes de emplazamiento se detalla la evaluación obtenida por cada uno de ellos observándose un promedio de 2.57 valor que simboliza una evaluación moderada.

#### **4.2 Análisis de Vulnerabilidad**

Luego de identificar los sitios críticos, el siguiente paso es evaluar el nivel de vulnerabilidad de dicho sitio ante la amenaza. Para esta evaluación se emplearán las matrices de evaluación de vulnerabilidad propuestas en el estudio de Mapeo de Puntos Críticos de la Red Vial Nacional (MTI, 2015).

El análisis de vulnerabilidades debe tomar en cuenta factores como la ubicación del proyecto, su forma de construcción, la institucionalidad existente, y los actores involucrados así como su conocimiento sobre el riesgo existente y futuro y medidas para su reducción.

Las vulnerabilidades también se clasifican de acuerdo a los diferentes factores:

- Física: Localización de asentamientos humanos en zonas de riesgo físico, deficiencias en estructuras y obras físicas, etc. Debido a falta de planificación, reglamentos, falta de opciones menos riesgosas, alta productividad agrícola, pobreza. (bvd.org.ni)
- Estructural: inadecuada construcción de edificios, viviendas, obras civiles, redes de servicios públicos (agua, electricidad, saneamiento, comunicación). (bvd.org.ni)

- Ambiental: Susceptibilidad de los ecosistemas a ser alterados por la ocurrencia de amenazas, La predisposición es determinada por el grado de deterioro de los recursos naturales y el ambiente por causas naturales o antropogénicas. (bvd.org.ni)
- Ideológica y cultural: Susceptibilidad de los ecosistemas a ser alterados por la ocurrencia de amenazas, La predisposición es determinada por el grado de deterioro de los recursos naturales y el ambiente por causas naturales o antropogénicas. (bvd.org.ni)
- Educativa: presencia o ausencia de programas de capacitación para enfrentar a nivel individual, familiar y comunal eventuales desastres, falta de incorporar en los programas formales de educación, la enseñanza de la prevención y mitigación ante desastres, falta de personal capacitado para enseñar esta temática. (bvd.org.ni)
- Institucional: valorar la presencia de instituciones presentes en el territorio, la coordinación interinstitucional, la existencia de mecanismos establecidos que permitan responder ante la ocurrencia de situaciones de emergencia, interés de instituciones públicas y privadas en establecer planes de emergencia y de participar en la preparación de la comunidad. (bvd.org.ni).

#### 4.2.1 Identificación de vulnerabilidad.

En el proyecto se encontraron varios sitio vulnerables como es el mal estado de la infraestructura vial es precario, debido a que se carece de carreteras y caminos adecuados los cuales tienden a quedar en mal estado en tiempos de lluvia dificultando el tránsito y dejando incomunicado a los pobladores.



**IMAGEN 7: POBLACIÓN VULNERABLE A LOS DESLIZAMIENTO DE TALUD**



**IMAGEN 8: AFECTACIONES EN TRAMO DEL PROYECTO.**

## 4.2.2 Evaluación de Vulnerabilidad.

**TABLA 16: EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD**

No	Componente	Subcomponentes	Relación escala / peso (ExPxP / PxP)						Σ	Rangos				
			E	P	E	P	E	P		1.0-1.5	1.6-2.0	2.1-2.5	2.6-3.0	
			3	1	2	2	1	3		R	N	A	V	
1	Materiales de Construcción	Disponibilidad de Materiales	X	X										
		Renovabilidad de fuentes			X	X								
		Agresividad del proceso	X	X										
		Calidad y durabilidad el material	X	X										
		Protección/prevención			X	X								
		Facilidad de sustitución o reparación	X	X										
		Frecuencia (F)	4		2		0							
		ExPxP	12		8		0	20						
		PxP	4		4		0	8						
		Valor Total	2.5								2.5			
Disponibilidad de Materiales: Más del 60% de las materias primas requeridas para el proyecto son abundantes o suficiente sen un radio de hasta 10 km con relación al sitio del proyecto.														
Renovabilidad de fuentes: entre el 30% y el 49% de las materias primas utilizadas en el proyecto son renovables o existen planes de usos alternativos de las materias primas. Se protegen las fuentes.														
Agresividad del proceso: Los principales materiales de construcción del proyecto son muy poco agresivos o no agresivos los principales materiales que se utilizan en el proyecto.														
Calidad y durabilidad el material: los materiales principales utilizados en el proyecto tienen buena calidad y se prevé una durabilidad mayor de 10 a años.														
Protección/prevención: algunos materiales utilizados en el proyecto pudieran no ser compatibles con algunas variables climáticas, pero en general la alternativa de materiales a utilizar son viables.														
Facilidad de sustitución o reparación: los materiales se conforman a través de tecnologías abiertas que permiten la sustitución y o reparación de partes con materiales no complejos. No se necesita alta especialización de la fuerz														



**TABLA 17:12 COMPONENTE N°2**

No	Componente	Subcomponentes	Relación escala / peso (ExPxP / PxF)						Σ	Rangos				
			E	P	E	P	E	P		1.0-1.5	1.6-2.0	2.1-2.5	2.6-3.0	
			3	1	2	2	1	3		R	N	A	V	
2	Diseño	Cultura local	X	X										
		Estabilidad	X	X										
		Funcionalidad			X	X								
		Confort ambiental	X	X										
		Eliminación de desechos					X	X						
		Adaptación al medio			X	X								
		Frecuencia (F)	3		2		1							
		ExPxP	9		8		3	20						
		PxF	3		4		3	10						
		Valor Total	2							2				
Cultura local: La tipología constructiva armoniza plenamente con la cultura y las tradiciones locales.														
Estabilidad: La solución de proyecto es monolítica, estable y se encuentra debidamente rigidizada.														
Funcionalidad: Aunque la solución de proyecto tiene algunas deficiencias funcionales, no existe hacinamiento y se encuentran definidos los espacios de preparación de alimentos y aseo por separado.														
Confort ambiental:La solución de proyecto presenta una adecuada ventilación e iluminación														
Eliminación de desechos: La solución de proyecto no contempla un sistema de tratamiento de los desechos líquidos y sólidos, originando vertidos a los predios públicos.														
Adaptación al medio: La solución se adapta parcialmente al medio, aunque se requieren movimiento sde tierra, no son significativos. No hay grandes modificaciones al paisaje.														

**TABLA 18: COMPONENTE N°3**

No	Componentes	Subcomponentes	Relación escala / peso (ExPxP / PxP)						Σ	RANGOS			
			E	P	E	P	E	P		1.0-1.5	1.6-2.0	2.1-2.5	2.6-3.0
			3	1	2	2	1	3		R	N	A	V
3	Tecnologia de Construccon	Fuerza de Trabajo			X	X							
		Equipamiento	X	X									
		Generacion/Disposicion desechos	X	X									
		Control Ejecucion	X	X									
		Externalidades			X	X							
		FRECUENCIA (F)	3		2		0						
		ExPxP	9		8		0	17					
		PxF	3		4		0	7					
		VALOR TOTAL	2.43									2.43	

**Fuerza de trabajo:** Mas 80% de la fuerza de trabajo para la construcción es de localidades aledañas.

**Equipamiento:** Menos del 30% de los equipos de construcción que se requieren no se encuentran disponibles en un radio de 10 km del sitio.

**Generación y disposición de desechos:** La tecnología genera muy pocos desechos sólidos y la mayoría son reutilizables en el

**Control Ejecución:** La tecnología constructiva no requiere mayores exigencias de control y supervisión, puede ser ejecutada con la fuerza de trabajo disponible.

**Externalidades:** Las características del diseño, procedimientos, empleo de materias primas, etc., requeridos por la tecnología que se haya importado, puede provocar alguna dependencia, generar prácticas medioambientales medianamente impactantes y/o causar trastornos ambientales negativos de moderada intensidad, aunque existan estudios de soporte en sus lugares de procedencia que indiquen lo contrario.

**TABLA 19: HISTOGRAMA DE EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD**

HISTOGRAMA DE EVALUACION DE VULNERABILIDAD								
Consolidado								
Evaluaciones	Rangos				Resultado			
	1.0-1.5	1.6-2.0	2.1-2.5	2.6-3.0	R	N	A	V
Materiales de construcción			2.5					
Diseño		2						
Tecnología de construcción			2.43					
Promedio	2.31						2.31	

### **4.3 Análisis de Riesgos**

Una vez que se cuenta con la información sobre las amenazas que afectan al proyecto y los (posibles futuros) factores de vulnerabilidad del mismo, se procesará un análisis de los probables daños y pérdidas que causaría el impacto de una determinada amenaza sobre la infraestructura que se ha definido como vulnerable. En este contexto, se consideran factores como el tiempo de interrupción del servicio, costos de atención de la emergencia y rehabilitación, pérdidas de beneficios para los usuarios, etc.

#### **Potenciales pérdidas y daños**

En el tramo de estudio, una de las situaciones más comunes por eventos climáticos, son las inundaciones, estas desbordan los ríos de manera aleatoria haciendo que la predicción de afectación reduzca su efectividad, por lo que se incrementa la afectación a las comunidades aledañas a este sector, provocando en uno de los casos, migración desordenada, y en el peor de los escenarios, la pérdida de vidas humanas productos de la exposición en áreas vulnerables.

De igual manera se pueden determinar las potenciales pérdidas y daños en el sector, como son:

- Afectación de la economía local y externa (interrupción de la vía)
- Generación de Epidemias.
- Pérdidas de vida humana y animal.
- Pérdida de la capa de flora propia de la zona.
- Desestabilización de los suelos
- Inundaciones de los cultivos
- Destrucción parcial o completa de obras de infraestructura horizontal y vertical.
- Los niveles del puente se establecieron con las variaciones de los niveles de los lagos. Dejando un borde libre para permitir el paso de embarcaciones o de objetos flotantes el claro propuesto es de 250m con 5 claros de 50m cada uno.
- Elevar la rasante de la carretera a la cota final del puente Panaloya a lo largo de 500 metros adelante y atrás de dicho cruce.
- Protección de terraplenes con concreto ciclópeo en las caras expuestas al efecto de oleaje del camino en los primeros 5 km de granada.
- Reasentamiento de la población vulnerable que habita en la zona del Proyecto en análisis.
- Construcción de lagunetas y zanjas de infiltración para cosecha de aguas en aras de mitigar los efectos de la sequía.

- En los primeros 6 kilómetros será necesario la construcción de muro de mampostería para proteger la vía del oleaje del lago.
- Debido a que algunas alcantarillas existentes son insuficientes se amerita reemplazarlas por cajas de concreto reforzado con reforzamiento para que la losa pueda servir como rodamiento evitando de esta manera que se tenga que subir la rasante.

#### 4.3.1 Balance de Riesgo Promedio.

**TABLA 130 BALANCE DE RIESGO PROMEDIO**

No.	EVALUACIONES	ANALISIS				RESULTADOS															
		1.0-1.50	1.60-2.0	2.10-2.50	2.60-3.0	R	N	A	V												
1	EVALUACION DE EMPLAZAMIENTO				2.57																
2	ANALISIS DE VULNERABILIDAD			2.31																	
<b>BALANCE DE RIESGO/PROMEDIO</b>		2.44																			
VALORES	DESCRIPCION	VALORACION																			
Entre 1 y 1.50	Significa que el proyecto está en estado alto de riesgo, pudiendo dar lugar a afectaciones a la calidad de vida de las personas.	Se define como no elegible el proyecto en las condiciones en que se presenta.																			
Entre 1.60-2.0	Significa que el proyecto está en estado de riesgo critico, pudiendo dar lugar a afectaciones a la calidad de vida de los usuarios	Se sugiere la búsqueda de una mejor alternativa tecnológica, de diseño o en la selección de materiales de construcción para la realización del proyecto.																			
Entre 2.10-2.50	Significa que el proyecto presenta un estado de riesgo moderado.	<i>Se considera esta alternativa del proyecto elegible siempre y cuando no se obtengan calificaciones de 1 (Escala) en algunos de los siguientes aspectos: Adaptación al medio, confort y renovabilidad de las fuentes (materiales de construcción)</i>																			
Superiores a 2.60	Significa que el proyecto presenta bajos niveles de riesgo.	Se considera este proyecto totalmente elegible e idóneo para su desarrollo																			
OBSERVACIONES:																					
Yo, _____ en mi calidad de Evaluador del Proyecto, doy fe que la evaluación anteriormente descrita coincide con la información presentada por la propuesta.																					
Nombres y apellidos del funcionario que realiza la evaluación					Firma		Firma														
Nombres y apellidos del funcionario que aprueba la evaluación					Firma		Firma														
Nombres y apellidos del funcionario que aprueba la evaluación					Firma		Firma														

### 4.3.2 Evaluación del riesgo en ejecución y operación de proyecto.

**TABLA 141: EVALUACIÓN DEL RIESGO EN EJECUCIÓN Y OPERACIÓN DE PROYECTO**

<b>Proyecto: Granada - Malacatoya</b>							
Ubicación: Est 8+280 (X: 616317, Y: 132,850) - 18+280 (X: 620091, Y: 1336925)							
Amenazas probables	Ciclo o recurrencia (años/meses)	Probabilidad de afectación de acuerdo a la recurrencia			Tipo de afectación		Zonas probables de afectación en relación al proyecto
		Alta	Media	Baja	Total	Parcial	
Amenaza Sísmica	Poco Probable		X			X	
Amenaza Volcánica	Poco Probable		X			X	
Amenazas por Inundaciones	Permanente	X				X	Osagay, Los Cocos, El Guayabo
<p>SISMO: se encuentran cuatro fallas geológicas en el departamento que afectan directamente el área de influencia del proyecto, estas son el Arroyo Zacateligue que viene desde el sector del Cementerio, la segunda es la Aduana, que cruza todo el centro de Granada y desemboca en el Lago Cocibolca. La tercera está en la parte norte, conocido como Pancasán y la cuarta es la de Villa Sandino.</p>							
<p>VOLCANICA: las posibles afectaciones ante una eventual actividad volcánica del Volcán Mombacho (a tan solo 23.28KM del inicio del Proyecto), podrían ser las emanaciones de gases y cenizas, erupciones de tipo estrombólicas, emanaciones de gases, cenizas, material piroclástico, y flujos de lava.</p>							
<p>INUNDACIONES: las amenazas de inundaciones al lo largo del proyecto son altas, dado a su proximidad a la línea costera del lago, las crecidas del lago así como también la presencia del Humedal El Guayabo, y las crecidas del río Panaloya</p>							

Para la realización del análisis de amenazas, vulnerabilidad y riesgo en el área en estudio se consideró utilizar la metodología propuesta por la Guía para la incorporación de RRD y ACC en Proyectos de Infraestructura Vial del Sistema Nacional Inversión Pública

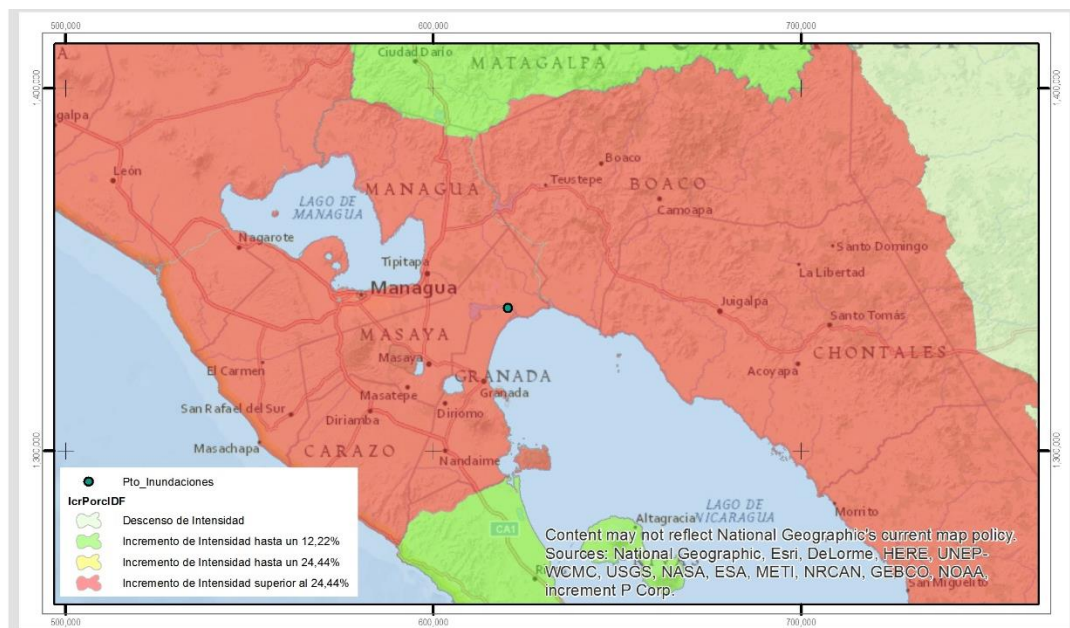
El primer paso consistió en ubicar en el mapa de amenaza por inundación elaborado por INETER, el tramo de carretera Granada - Malacatoya y los principales puntos en estudio: el Humedal y el Poblado El Guayabo y las obras de drenaje construidas con el proyecto de carretera en el año 2017.

Habiéndose identificado las amenazas de mayor peso que existen en el tramo Granada –Malacatoya siendo las inundaciones, sismicidad y sequia se procedió a la aplicación de la herramienta de análisis de riesgo de cambio climático obteniendo para el tramo en estudio diferentes tipos de escenarios de amenazas basado en los siguientes efectos climáticos:

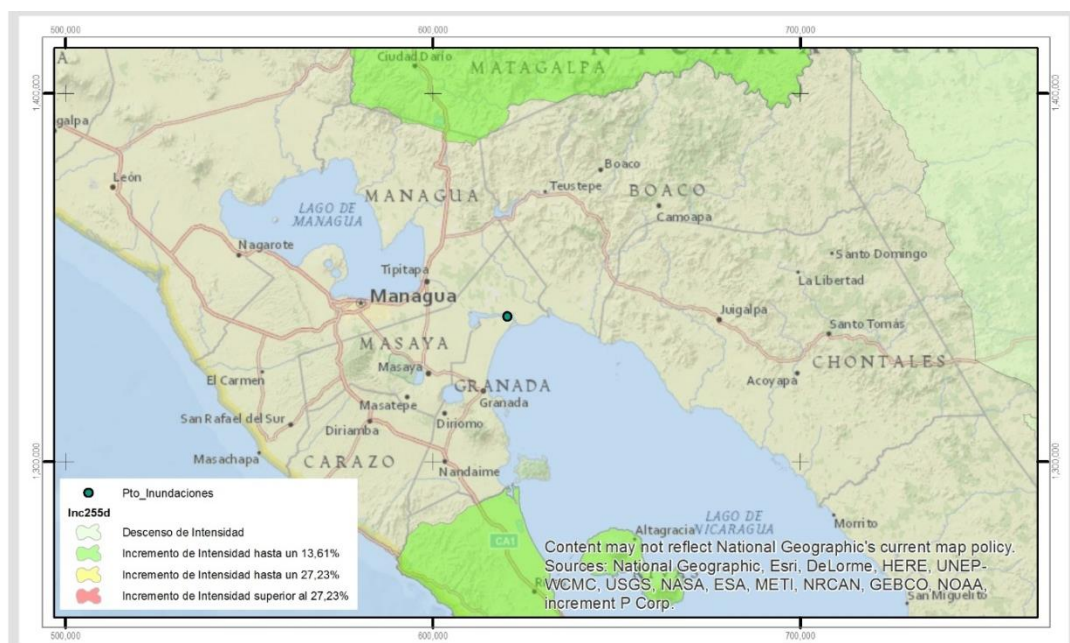
- 72







**MAPA 33: ESCENARIO DE AMENAZA POR INCREMENTO DE PRECIPITACIONES EN CURVAS IDF DE 5 DÍAS Y TR 15 AÑOS.**  
**FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.**

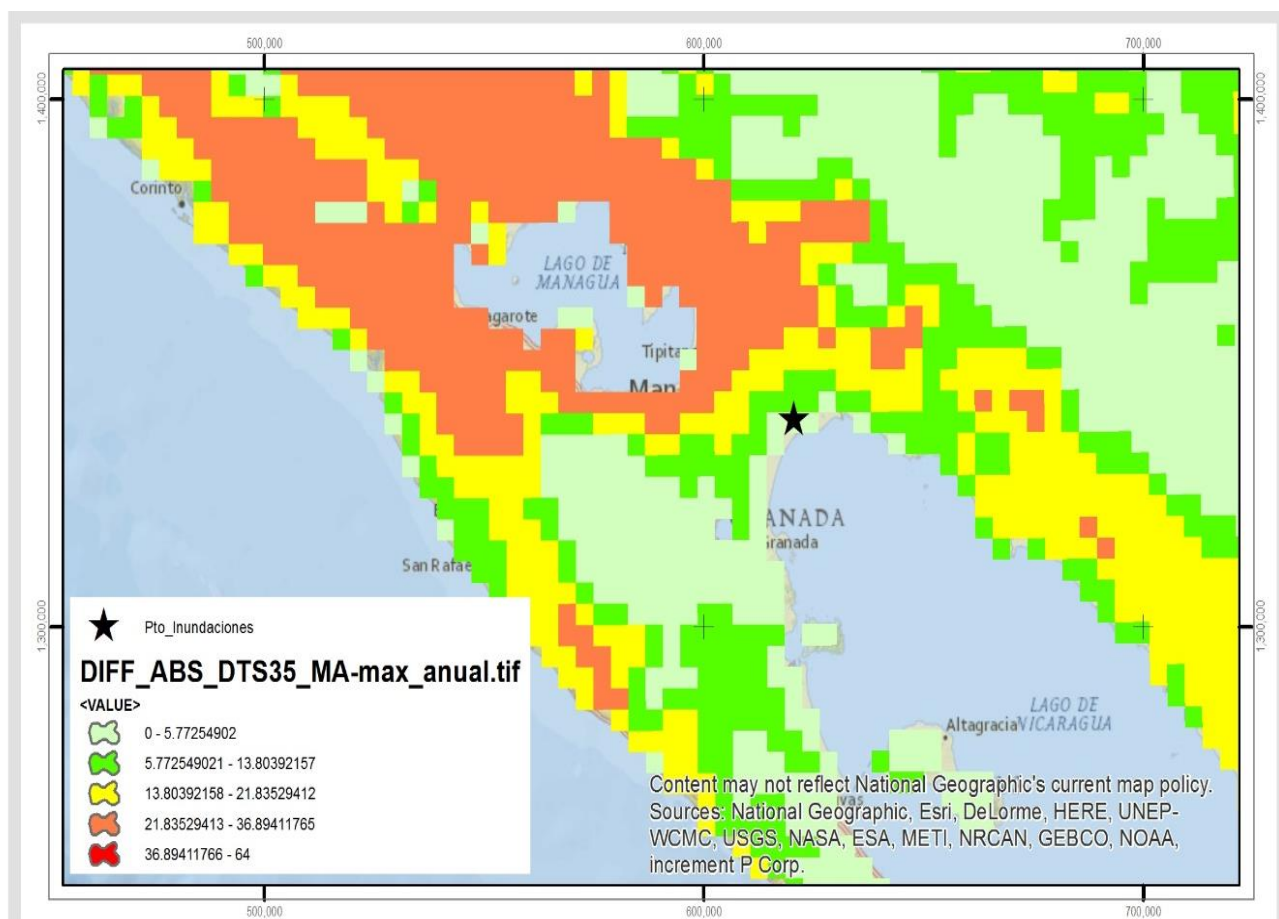


**MAPA 44: ESCENARIO DE AMENAZA POR INCREMENTO DE PRECIPITACIONES EN CURVAS IDF DE 5 DÍAS Y TR 25 AÑOS**

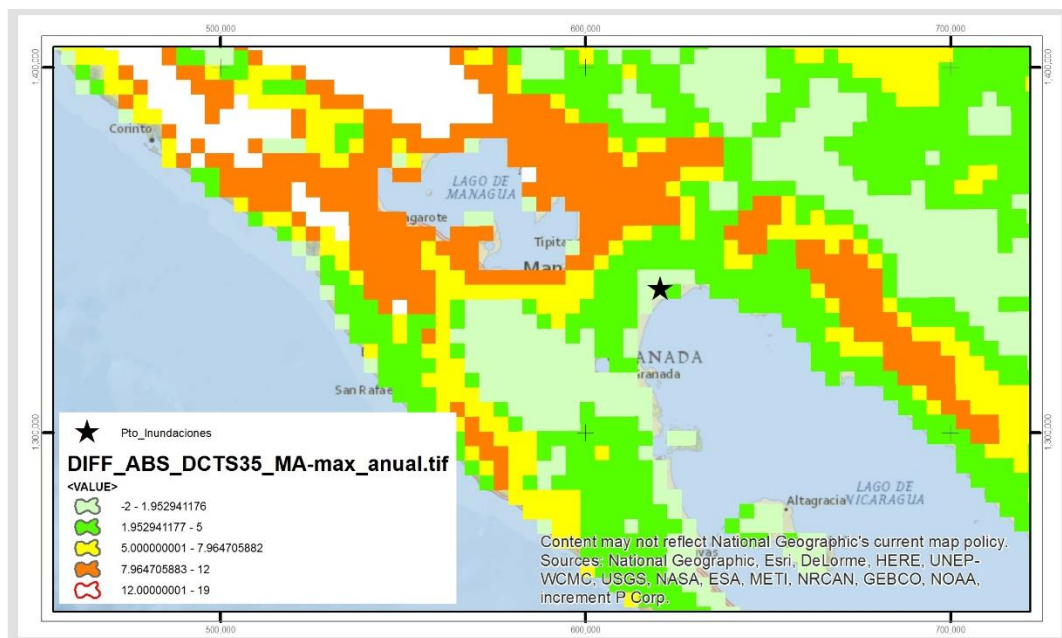
De los resultados obtenidos de los escenarios por incremento de precipitaciones se concluye que para el análisis de inundaciones pluviales de periodos de retorno 15 y 25 años el incremento de intensidad de lluvia se mantiene fijo en 8% para el área en estudio. Sin embargo, para el caso de las inundaciones fluviales ocasionadas

por el río Tipitapa en el paso de Panaloya se tienen valores de incremento que oscilan entre 24 y 27%.

Con la finalidad de analizar la amenaza por el efecto de sequía en el área de estudio, se ha considerado dos escenarios: el primero basado en el incremento de la temperatura media anual y el segundo en el aumento de días seco (racha de calor). En la figura # 6 se observa que el incremento de días con temperatura superior a los 35 grados centígrados será en 6 días por año, mientras que en el mapa No. 15 se tiene que la prolongación de la racha de calor en los días secos o sequia será en un amento entre 2 a 5 días.



**MAPA 55: ESCENARIO DE AMENAZA POR INCREMENTO DE PRECIPITACIONES EN CURVAS IDF DE 5 DÍAS Y TR 25 AÑOS**



**MAPA 66: ESCENARIO DE AMENAZA POR INCREMENTO DE PRECIPITACIONES EN CURVAS IDF DE 5 DÍAS Y TR 25 AÑOS.**  
**FUENTE PROPIA.**

#### 4.4.1 Análisis de Vulnerabilidades

El análisis de vulnerabilidades tiene en cuenta factores como la ubicación del proyecto, su forma de construcción, la institucionalidad existente, y los actores involucrados así como su conocimiento sobre el riesgo existente y futuro y medidas para su reducción.

**TABLA 152: IMPACTOS POTENCIALES DEL CAMBIO CLIMÁTICO PARA LA INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE Y LAS ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN.**

Impacto potencial de cambio climático.	Impacto potencial en la infraestructura vial.	Potencial impacto en el transporte	Estrategias de planificación	Estrategias de diseño.	Acciones de operación y mantenimiento
<b>Inundaciones</b>					
Pavimento Semi - Rígido	<ul style="list-style-type: none"> <li>Deterioro de la carpeta de rodamiento.</li> <li>Asentamiento de la estructura de pavimento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Interrupción del transporte privado y colectivo.</li> <li>Cierre de la vía.</li> <li>incremento de los costos generalizados de viaje (deterioro de los vehículos y/o</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar los sitios de zona inundable.</li> <li>Identificación y Análisis de rutas alternas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis de la cota de inundación para determinar el nivel de rasante.</li> <li>Protección de los taludes de</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Monitoreo de los sitios inundables.</li> <li>Mantenimiento periódico de la infraestructura vial.</li> </ul>

Impacto potencial de cambio climático.	Impacto potencial en la infraestructura vial.	Potencial impacto en el transporte	Estrategias de planificación	Estrategias de diseño.	Acciones de operación y mantenimiento
		equipos pesados).		relleno y corte.	
Obras de drenaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erosión en cabezales y aletones de la alcantarilla.</li> <li>• Aumento de sedimentos en las obras drenajes.</li> <li>• Grietas y fisuras de la estructura de las obras de drenaje.</li> <li>• Hundimiento de la alcantarilla.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incrementos de los índices de accidentes de tránsito.</li> <li>• Interrupción del transporte.</li> <li>• Daños a la estructura pavimento rígido.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar los sitios de zona inundable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de los estudios de inundación para las propuestas de obras de drenaje.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoreo de los sitios inundables.</li> <li>• Mantenimiento periódico de las obras de drenaje.</li> </ul>
Puente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erosión en los estribos.</li> <li>• Aumento de sedimentos en el lecho del río.</li> <li>• Corrosión en el acero de refuerzo de la viga de concreto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incomunicación del poblado de Wilikon.</li> <li>• Interrupción del transporte privado y colectivo.</li> <li>• Cierre de la vía.</li> <li>• Incremento de los costos generalizados de viaje (deterioro de los vehículos y/o equipos pesados)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar los antecedentes de la crecida de los ríos.</li> <li>• Identificación y Análisis de rutas alternas por la interrupción del cruce del puente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión del claro del puente.</li> <li>• Diagnóstico del estado actual de las vigas y estribos del puente.</li> <li>• Análisis y propuestas de medidas de protección en los estribos del puente.</li> <li>• Colocación de rocas de sobretamaño para protección de la pila.</li> <li>• Instalación de cunetas para desvío de aguas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarenado en el lecho del río.</li> <li>• Limpieza de sedimento en la superficie del puente.</li> <li>• Impermeabilización de las vigas de concreto.</li> <li>• Limpieza de maleza en los estribos del puente</li> </ul>

Impacto potencial de cambio climático.	Impacto potencial en la infraestructura vial.	Potencial impacto en el transporte	Estrategias de planificación	Estrategias de diseño.	Acciones de operación y mantenimiento
				pluviales provenientes de la carretera. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalación de drenaje en el puente.</li> </ul>	

#### 4.5 Síntesis del Capítulo

En este capítulo 4 se presentaron los análisis de amenazas, análisis de vulnerabilidad y análisis de riesgo donde se obtuvieron los resultados de cada análisis ante los efectos del cambio climático, con el fin de tener una mejor visión del proyecto y garantizar el tránsito seguro ante cualquier efecto inesperado del clima, salvaguardando la vida de los usuarios y de la población. Así mismo poder proponer las medidas de adaptación y mitigación ante los efectos del cambio climático que se presenten en la zona de estudio.

## **CAPÍTULO 5: MEDIDAS DE ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL TRAMO CRÍTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO**

En función de los resultados obtenidos en la evaluación de los riesgos, y habiendo definido el punto crítico más vulnerable del área de influencia del proyecto vial en estudio, el presente capítulo aborda las medidas de adaptación y mitigación, ante los efectos de del Cambio Climático en el Tramo Crítico (Humedal “El Guayabo” Est. 14+280 a Est. 16+280) de la línea del proyecto de adoquinado en el tramo Granada – Malacatoya.

### **5.1. Medidas de Adaptación al Riesgo de Inundación**

#### ***5.1.1. Rediseño de la Sección Típica Existente***

Los estudios topográficos realizados revelaron que la rasante existente promedio en el sector del humedal El Guayabo es de 42.2955 msnm, conociendo que la cota histórica máxima de inundación del Lago de Nicaragua en toda la zona costera es de 38 msnm, y el aumento del nivel del mar puede provocar inundaciones costeras en zonas bajas. Se propone una estructura de pavimento compuesta de:

- I. Carpeta de Concreto Hidráulico (18 cm)
- II. Base Triturada Tratada con Cemento (20 cm)
- III. Terracería Estabilizada con Cemento (15 cm)
- IV. Relleno de Terracería (75 cm)

Por lo que se propone como primera medida de solución ante los efectos de la inundación, la elevación de la rasante promedio del camino existen en el sector del Humedal el Guayabo con una estructura de pavimento adecuada que adiciona 1.28 m a la elevación promedio actual. (Ver Gráfico N° 12)



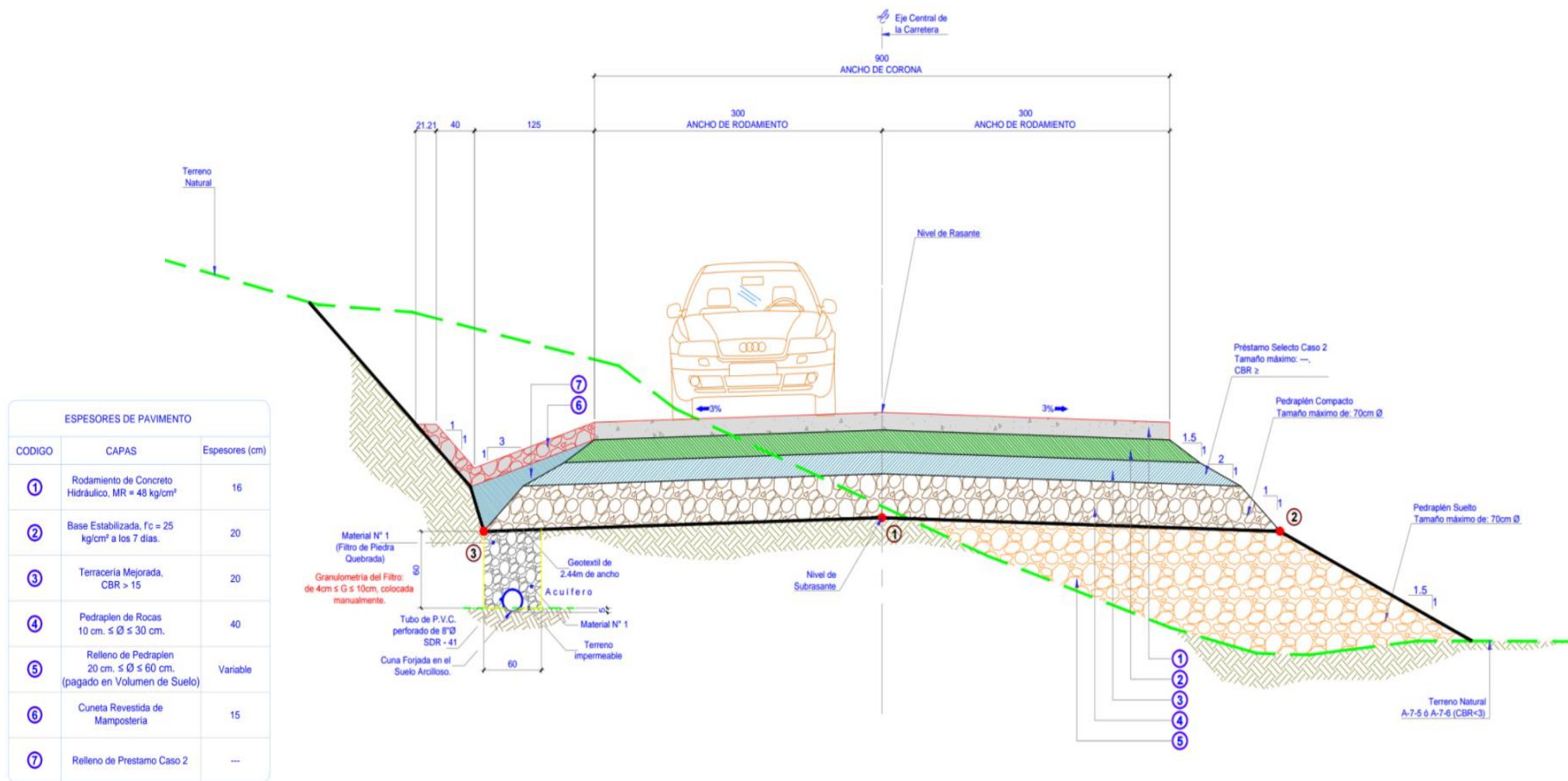


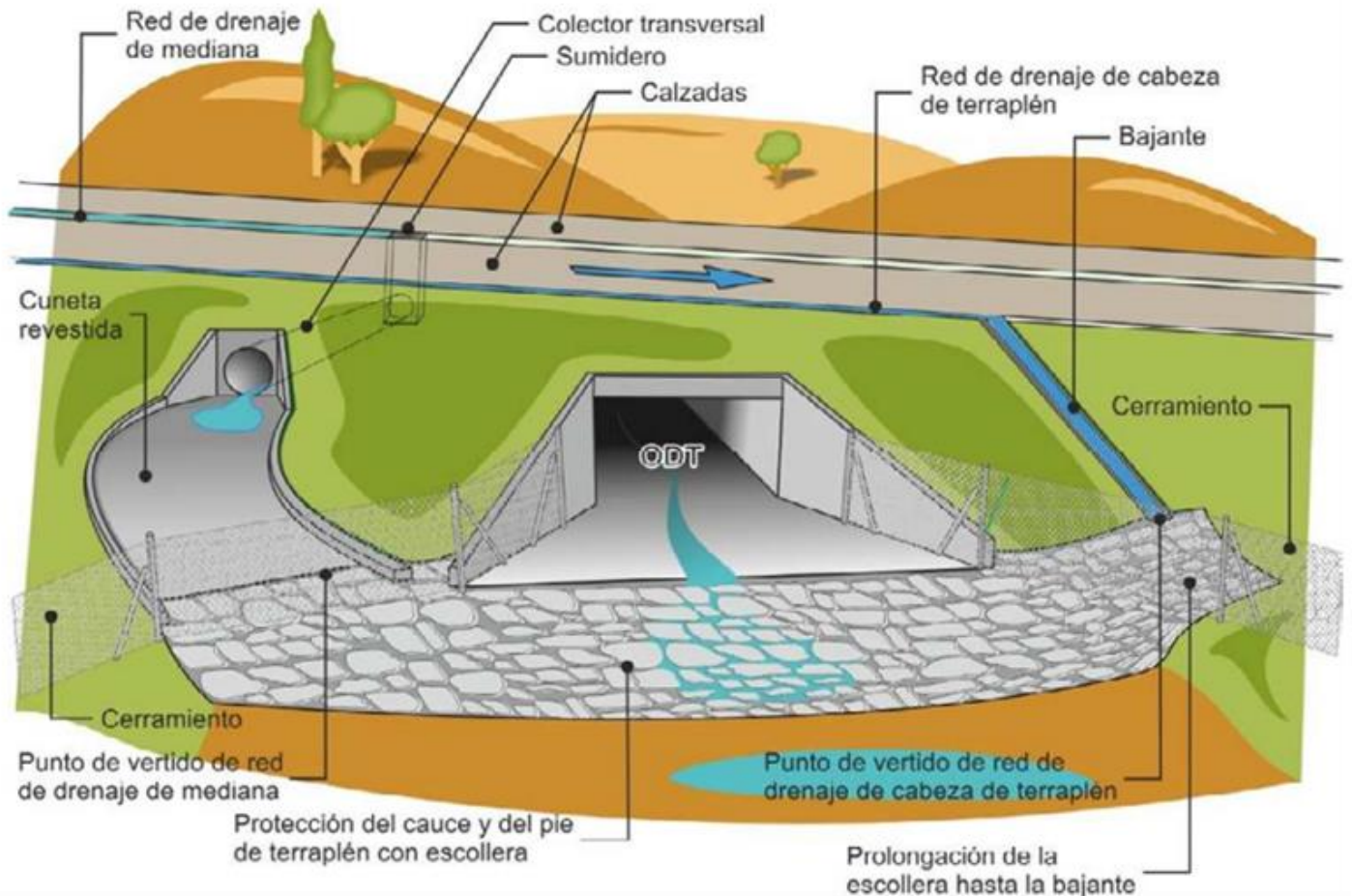
FIGURA 5: SECCIÓN TÍPICA PROPUESTA





### 5.1.2. Mejoramiento del Sistema de Drenaje

Se propone la implementación de obras de drenaje transversal complementarias, como son los colectores transversales, sumideros, bajantes de concreto hidráulico, elementos disipadores de energía (zampeados), mejoramiento del drenaje subterráneo (subdrén). (Ver Gráfico N° 13)



**FIGURA 6: SISTEMA DE DRENAJE TÍPICO**

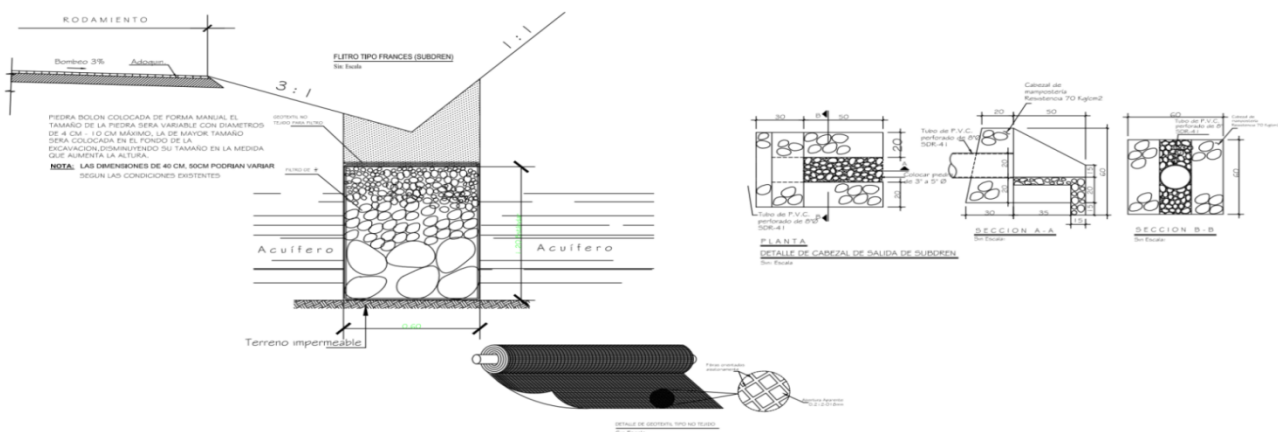
### 5.1.3. Implementación de Sistemas de Subdrén

El subdrenaje vial es un sistema de vital importancia para garantizar la durabilidad de las estructuras de pavimento, permite interceptar el agua subterránea evitando que la misma provoque daños irreversibles en las carreteras.

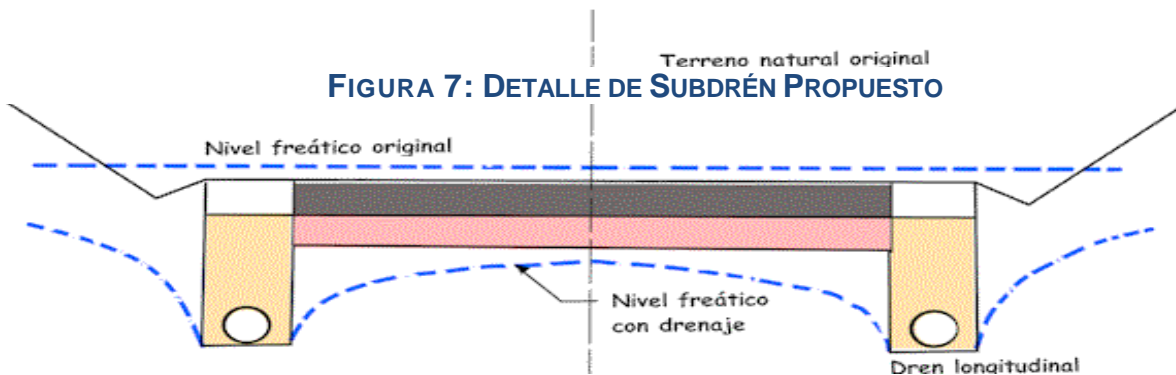
El agua subterránea que capta un subdrén proviene del agua de infiltración, del nivel freático, e incluso de la escorrentía superficial, dando lugar en épocas de lluvia a un caudal considerable.

Los siguientes gráficos detallan los componentes (geotextil, relleno granular filtrante y la descarga que consiste en un muro de piedra con salida de tubo) del tipo de subdrén granular filtrante a implementarse a lo largo del tramo crítico Sector de El “Guayabo”.

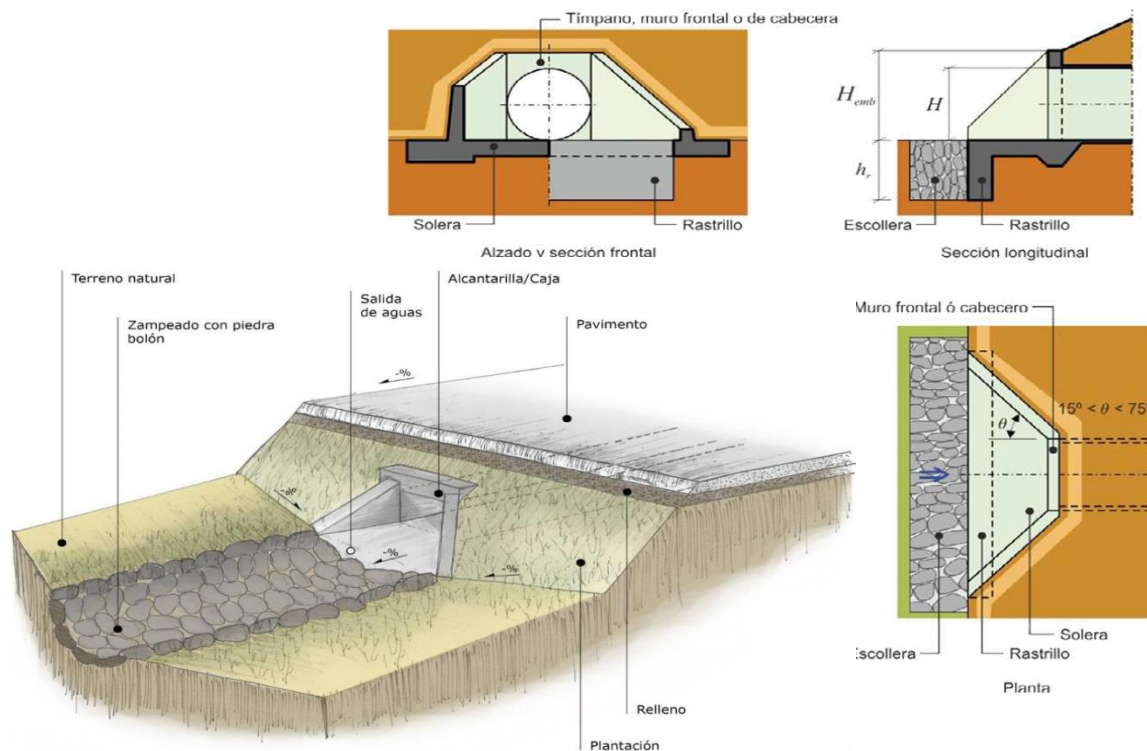
#### 5.1.4. Implementación de sistemas de zampeados



**FIGURA 7: DETALLE DE SUBDRÉN PROPUESTO**



Delantal o Zampeado.- Piso de concreto hidráulico, mampostería o enrocamiento construido en la entrada y salida de alcantarillas y cajas para evitar la erosión y socavación. Los siguientes gráficos detallan los elementos que deben de contener los sistemas de Zampeados a implementarse en la entrada y salida de las ODT a lo largo del tramo crítico Sector del “Guayabo”.



**FIGURA 8: DETALLE OBRAS ZAMPEADO**

### **5.1.5. Implementación de Canales de Drenaje**

Los canales de drenaje permiten la captación y evacuación de aguas acumuladas en zonas bajas o con depresiones en su topografía. Las siguientes imágenes muestran una propuesta de canales trapezoidales a implementarse a lo largo del tramo crítico Sector del "Guayabo".

#### **5.1.6. Implementación de cuneta de Reparto de Caudales**

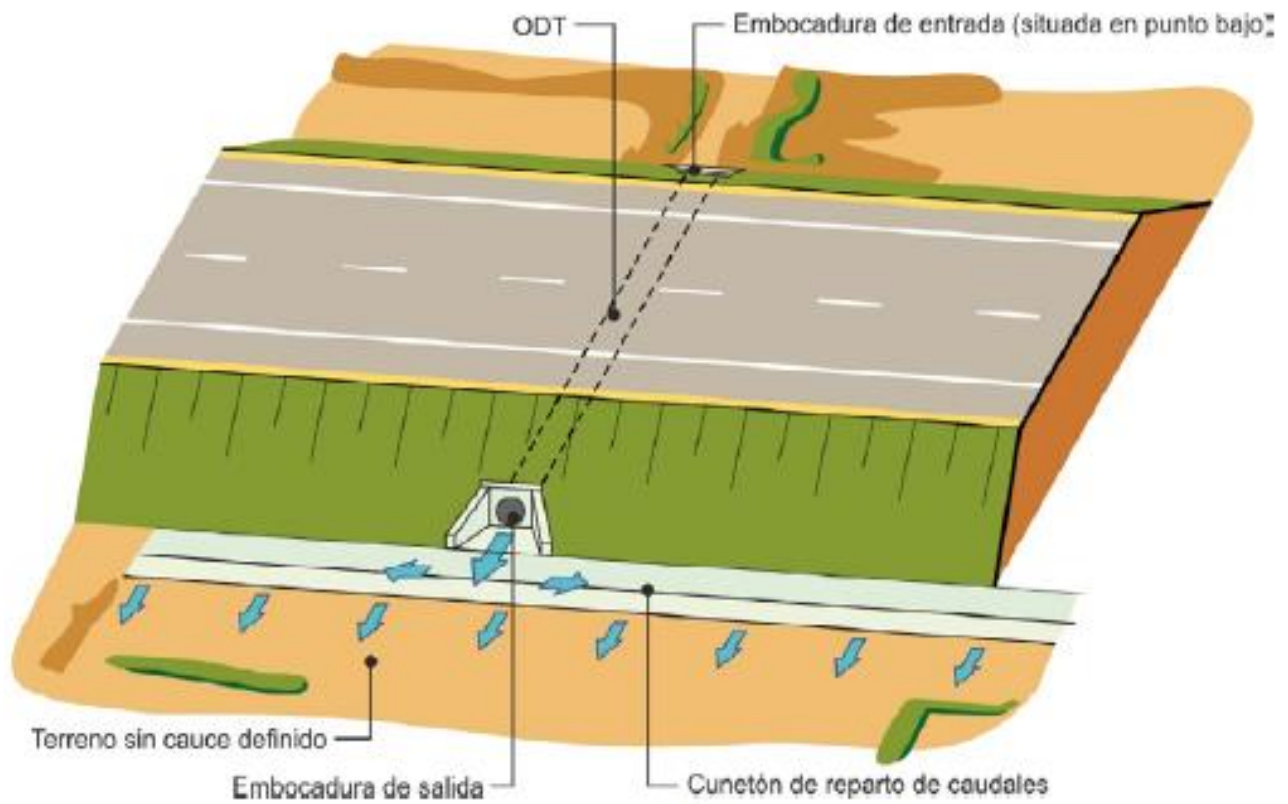
En el sector del Humedal El Guayabo (Tramo Crítico) la topografía prevaleciente es una llanura de inundación sin cause definido por lo que se propone la implementación de cuneta de reparto a la salida de las obras de drenaje, que



**IMAGEN 9: PROPUESTA DE CANAL TRAPEZOIDAL**

permitan el reparto del caudal longitudinalmente en la carreteera. (Ver Imagen No 16)



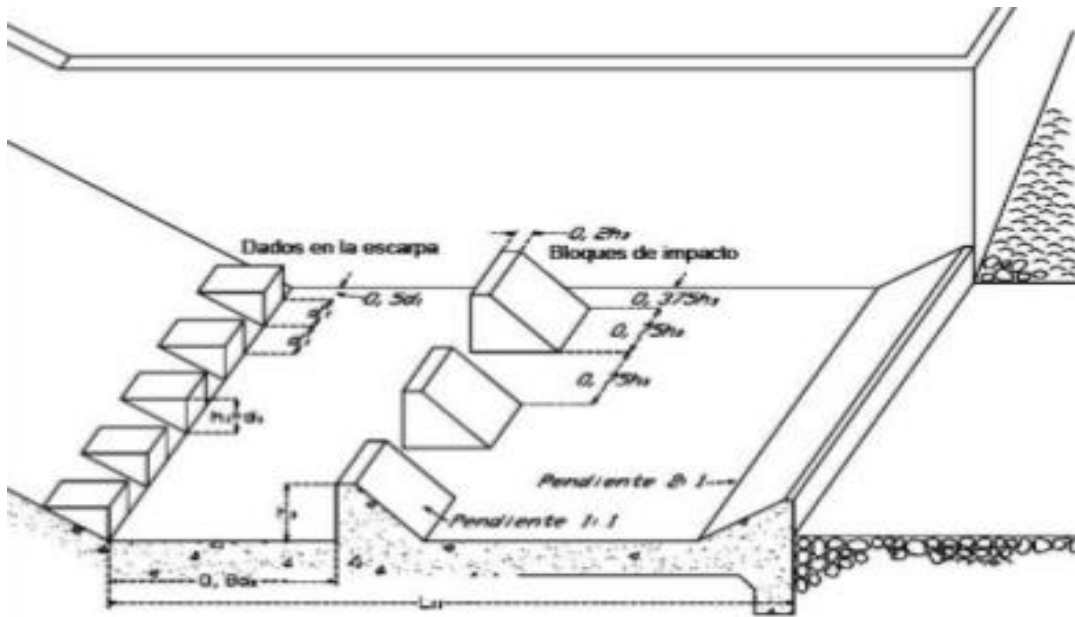


**FIGURA 9: PROPUESTA DE CANAL TRAPEZOIDAL**

#### **5.1.7. Implementación de Disipadores de Energía**

Cuando el agua corre por una alcantarilla o caja de descarga contiene gran cantidad de energía y mucho poder destructivo debido a las altas presiones y velocidades. Estas pueden causar erosión poniendo en peligro la estabilidad de la estructura de la carretera. Por lo tanto se debe colocar disipadores de energía.

Se propone la implementación de estanques amortiguadores a la salida de las obras de drenaje transversal (ODT) en los cuales la energía se disipa por medio de coque contra dados amortiguadores. (Ver Imagen N° 17)



**FIGURA 10: DETALLE DE DISIPADORES DE ENERGÍA AMORTIGUADORES**



## 5.2. Síntesis de las Medidas Propuestas

En el siguiente cuadro se muestra un resumen de las medidas de adaptación propuestas en los puntos más vulnerables del tramo crítico, a implementarse durante las distintas fases de planificación, diseño, construcción y mantenimiento.

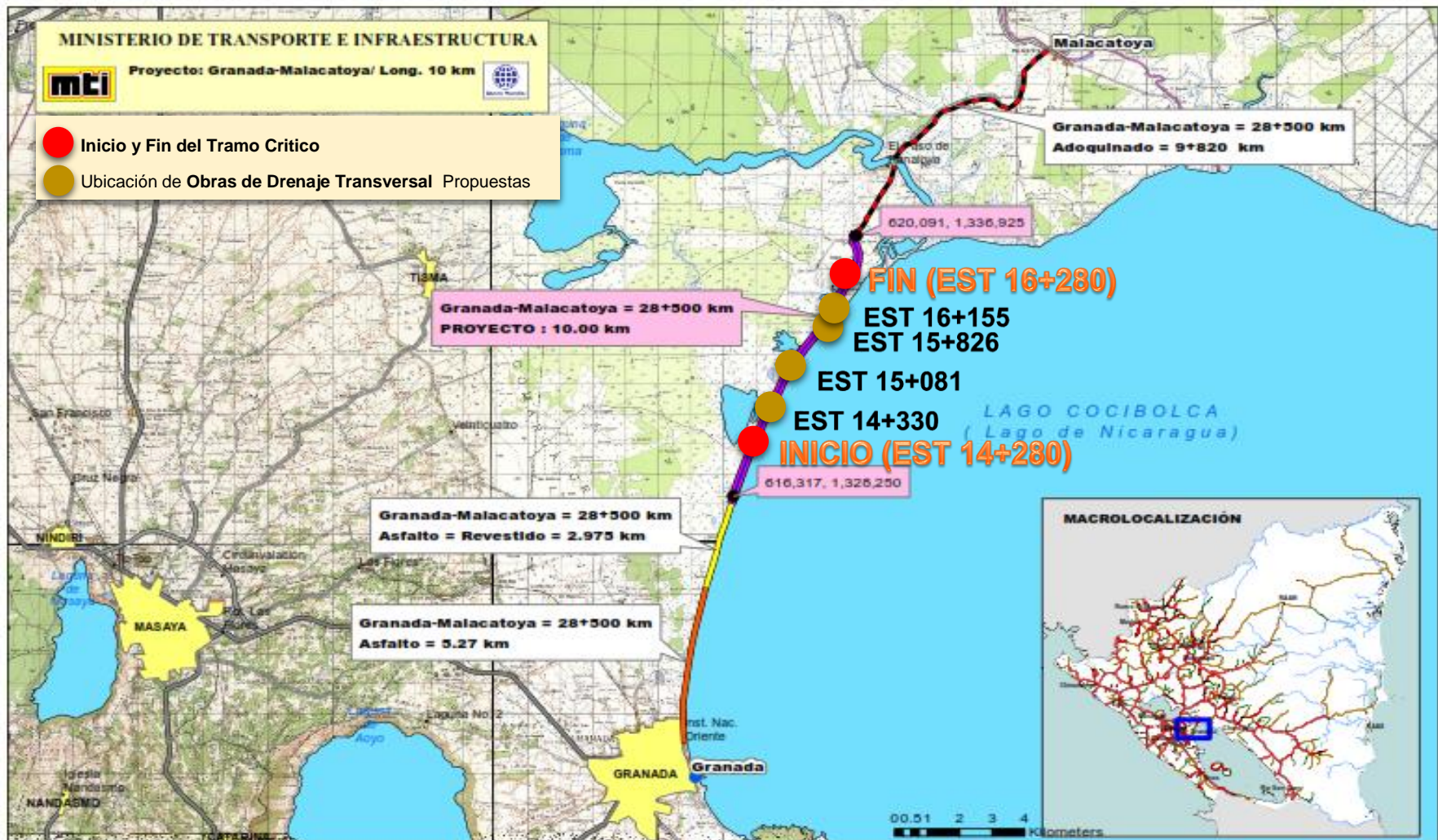
**TABLA 24: SÍNTESIS DE LAS MEDIDAS PROPUESTAS**

<b>Síntesis de las Medidas Propuestas</b>			
<b>Riesgo</b>	<b>Medida de Adaptación</b>	<b>Fase</b>	<b>Localización</b>
Inundación	Rediseño de la Sección Típica Existente	Planificación & Diseño	14+280 - 16+280
	Mejoramiento del Sistema de Drenaje	Construcción & Mantenimiento	14+330, 15+081, 15+826, 16+155
	Implementación de Sistemas de Subdrén	Construcción	14+280 - 16+280 (ambas bandas)
	Implementación de sistemas de zampeados	Construcción & Mantenimiento	14+330, 15+081, 15+826, 16+155
	Implementación de Canales de Drenaje	Construcción	14+280 - 16+280
	Implementación de cuneta de Reparto de Caudales	Construcción & Mantenimiento	14+280 - 16+280
	Implementación de Disipadores de Energía	Construcción & Mantenimiento	14+330, 15+081, 15+826, 16+155



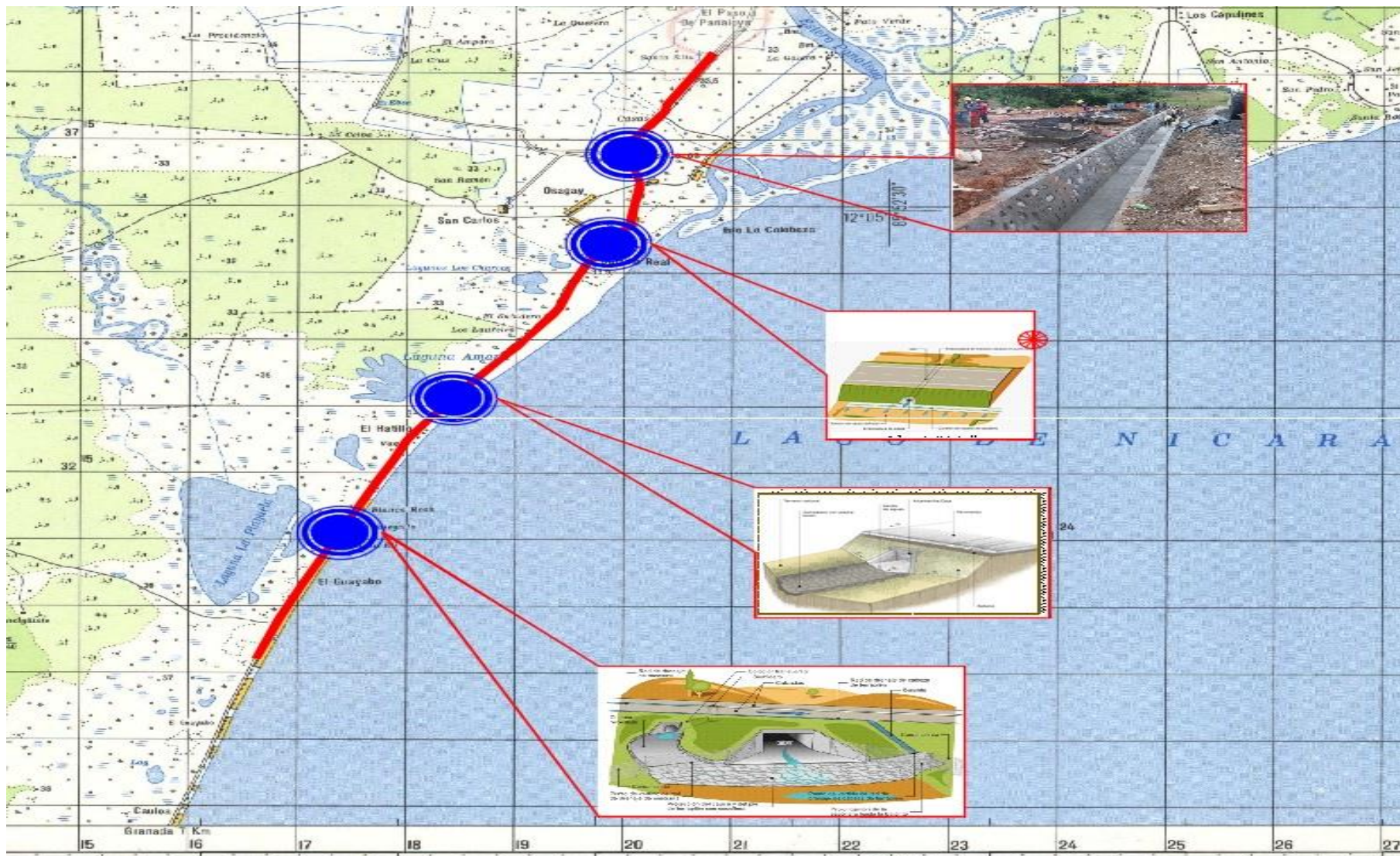
### 5.3. Plano de Ubicación de Medidas

La ubicación propuesta para las medidas de adaptación descritas ante los efectos del cambio climático en el Tramo Crítico en el sector de El “Guayabo” se detalla en el mapa de microlocalización que se muestra a continuación.



MAPA 12:7 UBICACIÓN DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN PROPUESTAS. FUENTE: MTI





MAPA 13:8 UBICACIÓN DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN PROPUESTAS, FUENTE MTI

#### 5.4. Programa de Monitoreo de Medidas

En el cuadro que se muestra a continuación se propone un programa de monitoreo de las medidas de adaptación ante los efectos del Cambio Climático:

**TABLA 16: PROGRAMA DE MONITOREO**

Programa de Monitoreo							
Medidas de Adaptación	UM	Valor Base	Riesgos Asociados	Magnitud Pronosticada	Tipo de Monitoreo	Recolección de Datos	
						Variables	Forma de Muestreo
Rediseño de la Sección Típica Existente	msnm	38	Inundación	41.8	-	-	-
Mejoramiento del Sistema de Drenaje	M <sup>3</sup>	7.70	Inundación	12.1	Pluviómetro	Intensidad de Lluvias	In situ
Implementación de Sistemas de Subdrén	mm/h	0.42	Inundación	0.7	Pluviómetro	Intensidad de Lluvias	In situ
Implementación de Sistemas de Zampeado	M <sup>3</sup>	7.70	Inundación	12.1	Pluviómetro	Intensidad de Lluvias	In situ
Implementación de Sistemas de Canales de Drenaje	M <sup>3</sup>	7.70	Inundación	12.1	Pluviómetro	Intensidad de Lluvias	In situ
Implementación de cunetas de reparto de caudales	M <sup>3</sup>	7.70	Inundación	12.1	Pluviómetro	Intensidad de Lluvias	In situ

Programa de Monitoreo							
Medidas de Adaptación	UM	Valor Base	Riesgos Asociados	Magnitud Pronosticada	Tipo de Monitoreo	Recolección de Datos	
						Variables	Forma de Muestreo
Implementación de disipadores de energía	M <sup>2</sup>	11.80	Inundación	11.80	Pluviómetro	Intensidad de Lluvias	In situ

Como se puede apreciar, el cuadro inicia con cada medida técnica de mitigación/adaptación a las afectaciones por el cambio climático en el punto crítico seleccionado. Para cada medida se establece mecanismos de monitoreo en los cuales se evalúa la variable causante del riesgo de inundación en el sector del humedal “El Guayabo”.

Con el cuadro 25 se propone llevar un control de los valores mínimos y máximos pronosticados en la zona acorde al Informe de Estudios Hidrotécnico Tramo: Granada – Malacatoya, con el fin de garantizar la seguridad de los usuarios de la vía y de los poblados aledaños ante los efectos del cambio climático.

## **5.5. Síntesis del Capítulo**

En este capítulo se presentaron las medidas de adaptación propuestas ante los efectos del cambio climático, con el fin de garantizar el tránsito seguro ante cualquier efecto inesperado del clima, salvaguardando la vida de los usuarios y de la población.

Se propone un programa de monitoreo para cada una de las medidas propuestas, control que se llevara a través de mediciones permanentes in situ, para garantizar de esta manera una mejor resiliencia de la carretera.

## **CAPÍTULO 6: ASPECTOS FINALES**

### **6.1. Conclusiones**

Se detallaron las características técnicas del proyecto vial **Granada – Malacatoya**, donde se abordaron aspectos importantes y permitiendo identificar su localización, diseño y todos los aspectos que lleva la construcción de una carretera, relevancia estratégica de su construcción y los beneficios que trae consigo el proyecto, como a los nuevos eventos climáticos que se presenta en el área del proyecto.

Con la línea base se obtuvo todos los componentes ambientales del proyecto, se logró definir los elementos bióticos, abióticos y socio-económico que se encuentran en el área del proyecto y logrando identificar cuáles son los puntos vulnerables antes los efectos del cambio climáticos que se dan en el tramo, como las amenazas antropogénica, las áreas de protegidas o sitios Ramsar y las proyecciones que se generan con la construcción de la carretera.

La evaluación de riesgo del proyecto dio un valor de 2.57 lo que significa que el riesgo es moderado, este resultado es la recopilación de datos obtenidos de las visitas de sitios realizadas en el tramo, donde se logró identificar cuáles son las amenazas que se encuentran en el tramo de la carreta y los diferentes factores de vulnerabilidad que se encuentra en el área del proyecto dando respuesta a la pauta para proponer las obras de adaptación antes los efectos del cambio climático.



Con la evaluación de riesgo logró identificar cuáles son los puntos críticos que afectan el tramo de la carretera, la mayor afectación que se cuenta en estos puntos críticos son las inundaciones ya que en tiempos de lluvia se hace difícil el tránsito ya que los drenajes transversales que son muy pocos y no son los indicados y se encuentran en mal estado tampoco se cuenta con drenajes longitudinales lo que impide la evacuación de las aguas.

Las medidas de adaptación propuestas son de acuerdo a las afectaciones que se encontraron en los puntos críticos, la mayor afectación que se encontraba era por inundación lo que se propuso la construcción de drenajes transversales como longitudinales, estos fueron diseñados tomando en cuenta las nuevas variables climatológicas y sobre diseñadas con eventos climáticos extremos para que en futuro estas obras no vayan a sucumbir.

## **6.2. Recomendaciones**

Una vez establecidas las conclusiones o inferencias del presente trabajo, se considera necesario proponer las siguientes reflexiones y recomendaciones:

- A los especialistas / Consultores hacer un mayor énfasis en los estudios que elaboran, ya que en algunas ocasiones la información brindada es muy poca con respecto al impacto del proyecto que se desarrolla.
- Es necesario brindar capacitaciones a las instituciones y empresas encargadas de los estudios y construcciones de las carreteras para tomar en cuenta los efectos del cambio climático en cada uno de los proyectos.
- El Ministerio de Transporte e Infraestructura en capacitar a cada uno de los profesionales en temas como el cambio climático sus efectos en las vías.
- Implementar en los proyectos futuros medidas de mitigación y adaptación al cambio climático y que sea de cumplimiento en cada uno de los proyectos, de igual manera incluirlos en los TDR del MTI.
- Establecer mecanismo para garantizar un estudio con todas las afectaciones y recomendaciones para saber si el proyecto es factible o no.

### 6.3. Bibliografía

<http://cambioclimaticoglobal.com/que-es-el-cambio-climatico>

Sistema nacional para la prevención, mitigación y atención de desastres (SINAPRED), Septiembre 2005.

Informe de Síntesis del IPCC. Tercer Informe de Evaluación, 2007.

Guía para la incorporación de RRD y ACC en proyectos de infraestructura vial. Ministerio de hacienda y crédito Público, Dirección General de Inversiones públicas, Enero 2016.

Manual Centroamericano de mantenimiento de carreteras con enfoque de gestión de riesgos, SIECA, 2010.

Guía para comprender el cambio climático en Nicaragua. MARENA, 2005

Guía Metodológica y Diseños Típicos de Obras para Caminos Vecinales como Medidas de Reducción del Riesgo a Desastres y Adaptación al Cambio Climático, Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Dirección General de Inversión Públicas.

Carreteras y Cambio Climático, Ángel Sampedro Rodríguez, Septiembre/Octubre 2009 – Revista Técnica de la Asociación Española de la Carretera.

*Cambio Climático Global*. (s.f.). Obtenido de Cambio Climático Global: <http://cambioclimaticoglobal.com/>

Rodríguez, Á. S. (2009). Carreteras y cambio climático. *Carreteras*, 132.

López Rello, R. (2007). Hacia un desarrollo de Infraestructura Adaptada al Cambio Climático, Programa de Naciones Unidas para el desarrollo.

Marín C., Eduardo. Definiciones y parámetros de variables edafológicas, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.

Ministerio de Transporte e Infraestructura. Dirección de Caminos Municipales. Guía hidráulica para el diseño de obras de drenaje en caminos rurales adaptada al cambio climático. Documento final. 2010.

Rodríguez, A. Número especial: Carreteras y Cambio Climático. *Carreteras*. Revista Técnica de la Asociación Española de la Carreteras. No.167. Septiembre/Octubre 2009.

Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres (SINAPRED). Plan de Respuesta Municipal con Enfoque de Gestión del Riesgo 2009

Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA). Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras con Enfoque de Gestión de Riesgos y Seguridad Vial. Edición 2010.

Programa de Apoyo al Sector Transporte – PAST-DANIDA / Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI (2008)

## 6.4. Anexos

### Anexo 1: Análisis de riesgo, Norma Española

# ANALISIS/ EVALUACION DE RIESGO

## Norma española (UNE 150008:2008)

### Anexo 2: Tabla 26. Análisis de riesgo, Entorno Natural

Entorno Natural				
Valor	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Calidad del medio
4	Muy alta	Muy peligrosa	Muy extenso	Muy elevada
3	Alta	Peligrosa	Extenso	Elevada
2	Poca	Poco peligrosa	Poco extenso	Media
1	Muy poca	No peligrosa	Puntual	Baja

Entorno Natural				
Matriz de estimación del riesgo				
No.	Escenario de riesgo	Probabilidad	Consecuencia	Riesgo
E1	Inundaciones por Lluvias	5	4	20
E2	Inundaciones por Huracanes	4	3	12
E3	Deslizamientos de Talud	5	4	20
E4	Olas de Calor	4	2	8
E5	Humedad Relativa	5	3	15
E6	Nubes de Polvo ensuspension	4	3	12
E7	Fuertes vientos huracanados	3	2	6
E8	Sequias	4	3	12
E9	Socavación en Estructuras de Drenaje	4	3	12
E10	Alcantarillas con sedimentos (tierra)	4	3	12
E11	Falta de Drenaje Longitudinal (cunetas)	4	3	12
E12	Mal manejo de los Bancos de Materiales	3	2	6
E13	Arrastre de Lodos y Basura	4	3	12
E14	Taludes desprotegidos	5	4	20
E15	Cambios en el Uso de Suelo	2	3	6
E16	Afectaciones a los Cultivos	4	3	12
E17	Afectaciones a los Pobladores	4	3	12
E18	Afectaciones a las Viviendas	4	3	12
E19	Afectaciones a la Calidad del Paisaje	5	3	15
E20	Cruce de Ganado	5	3	15
E21	Accidentes en la vía	5	3	15
Riesgo Natural		X		
Riesgo Humano				
Riesgo socioeconómico				

### Anexo 3: Tabla No. 27 de Análisis de riesgo, Ambiental

EVALUACION DE RIESGO AMBIENTAL						
		GRAVEDAD DEL ENTORNO				
		1	2	3	4	5
PROBABILIDAD	1					
	2					
	3		E7,E12			
	4		E4,E5	E2,E6,E8,E9, E10,E11,E13 ,E16,E17,E18		
	5				E1,E3,E15,E19,E20,E21	
				E => Escenario		
Riesgo = Probabilidad x Consecuencia						
Consecuencia: Entorno						
						Riesgo muy alto
						Riesgo alto
						Riesgo medio
						Riesgo moderado
						Riesgo bajo

### Anexo 4: Tabla No. 28 de Análisis de riesgo, Entorno Humano

Entorno humano				
Valor	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Población afectada
4	Muy alta	Muerte o efectos irreversibles	Muy extenso	Mas de 100
3	Alta	Daños graves	Extenso	Entre 25 y 100
2	Poca	Daños leves	Poco extenso	Entre 5 y 25
1	Muy poca	Daños muy leves	Puntual	<5 personas

Entorno humano				
Matriz de estimación del riesgo				
No.	Escenario de riesgo	Probabilidad	Consecuencia	Riesgo
E1	Inundaciones por Lluvias	5	4	20
E2	Inundaciones por Huracanes	4	4	16
E3	Deslizamientos de Talud	5	3	15
E4	Olas de Calor	4	4	16
E5	Humedad Relativa	5	4	20
E6	Nubes de Polvo en suspension	4	3	12
E7	Fuertes vientos huracanados	3	3	9
E8	Sequias	4	4	16
E9	Socavación en Estructuras de Drenaje	4	2	8
E10	Alcantarillas con sedimentos (tierra)	4	3	12
E11	Falta de Drenaje Longitudinal (cunetas)	4	2	8
E12	Mal manejo de los Bancos de Materiales	3	1	3
E13	Arrastre de Lodos y Basura	4	3	12
E14	Taludes desprotegidos	5	2	10
E15	Cambios en el Uso de Suelo	2	3	6
E16	Afectaciones a los Cultivos	4	3	12
E17	Afectaciones a los Pobladores	4	4	16
E18	Afectaciones a las Viviendas	4	3	12
E19	Afectaciones a la Calidad del Paisaje	4	3	12
E20	Cruce de Ganado	5	2	10
E21	Accidentes en la vía	5	3	15
<b>Riesgo Natural</b>				
<b>Riesgo Humano</b>		x		
<b>Riesgo socioeconómico</b>				

### Anexo 5: Tabla No. 29 de Análisis de riesgo, Entorno Ambiental

EVALUACION DE RIESGO AMBIENTAL						
		GRAVEDAD DEL ENTORNO				
		1	2	3	4	5
PROBABILIDAD	1					
	2			E15		
	3	E12		E7		
	4		E9,E11	E6,E10,E13,E16,E18,E19	E2,E4,E8,E17	
	5		E14,E20	E3,E21	E1,E5	
E => Escenario						
Riesgo = Probabilidad x Consecuencia						
Consecuencia: Entorno						Riesgo muy alto
						Riesgo alto
						Riesgo medio
						Riesgo moderado
						Riesgo bajo

### Anexo 6: Tabla No. 30 de Análisis de riesgo, Entorno Socio-Economico

Entorno Socio-economico				
Valor	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Patrimonio y capital productivo
4	Muy alta	Muy peligrosa	Muy extenso	Muy alto
3	Alta	Peligrosa	Extenso	Alto
2	Poca	Poco peligrosa	Poco extenso	Bajo
1	Muy poca	No peligrosa	Puntual	Muy alto



	Entorno humano			
Matriz de estimación del riesgo				
No.	Escenario de riesgo	Probabilidad	Consecuencia	Riesgo
E1	Inundaciones por Lluvias	5	4	20
E2	Inundaciones por Huracanes	4	3	12
E3	Deslizamientos de Talud	5	4	20
E4	Olas de Calor	4	2	8
E5	Humedad Relativa	5	2	10
E6	Nubes de Polvo en suspension	4	3	12
E7	Fuertes vientos huracanados	3	3	9
E8	Sequias	4	3	12
E9	Socavación en Estructuras de Drenaje	4	3	12
E10	Alcantarillas con sedimentos (tierra)	4	2	8
E11	Falta de Drenaje Longitudinal (cunetas)	4	3	12
E12	Mal manejo de los Bancos de Materiales	3	2	6
E13	Arrastre de Lodos y Basura	4	3	12
E14	Taludes desprotegidos	5	3	15
E15	Cambios en el Uso de Suelo	2	1	2
E16	Afectaciones a los Cultivos	4	4	16
E17	Afectaciones a los Pobladores	4	3	12
E18	Afectaciones a las Viviendas	4	4	16
E19	Afectaciones a la Calidad del Paisaje	4	3	12
E20	Cruce de Ganado	5	3	15
E21	Accidentes en la vía	5	4	20
Riesgo Natural				
Riesgo Humano				
Riesgo socioeconómico		X		